ELECTRÓNICA DEL AUTOMÓVIL

AGUSTÍN RIÚ

Ingeniero Electromecánico
(Escuela Superior de Mecánica y Electricidad, París)
Radio Ingeniero
(Escuela Superior de Electricidad, París)
Fundador y Director del Instituto Riú, Barcelona

Electrónica del Automóvil



Ediciones Mundo Técnico
Buenos Aires

Decimoséptima edición (7a en Editorial Mundo Técnico) 1979

OBRA TECNICO DIDACTICA

Impreso en la Argentina
Printed in Argentina

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de octubre de 1979,
en los Talleres Gráficos LITODAR
Brasil 3216, Buenos Aires

La edición consta de 2.000 ejemplares.

PROLOGO

Cada día son mayores las aplicaciones de la electrónica en el automóvil. Primero se aplicó, cautelosamente, suprimiendo el disyuntor de carga de la batería por un diodo rectificador. Más tarde se adoptó, como **ayuda** del encendido, sustituyendo el ruptor a vibrador mecánico por un transistor, hasta que, ya en forma resuelta, se idearon distintos sistemas de ignición en los cuales se suprime totalmente el dispositivo tradicional del ruptor a vibrador.

Los resultados obtenidos con estos nuevos sistemas de ignición han sido tan satisfactorios que se consideran prácticamente resueltos los inconvenientes que tenía el sistema del encendido de los motores de explosión.

Quedaban aún otros problemas por resolver, siendo los dos más importantes la producción de la energía eléctrica y la alimentación del combustible, o sea, la dínamo y el carburador. Estos dos elementos son indispensables para el funcionamiento de un automóvil y, aunque han sido utilizados desde comienzos de siglo, no ha sido posible perfeccionarlos al punto de superar los inconvenientes que tienen, propios de su mismo funcionamiento.

El primer problema que se resolvió fue el relativo a la dínamo, que después de medio siglo de producir electricidad para los automóviles que han transitado por todo el mundo va siendo sustituida por el alternador. Con su puente trifásico de rectificación produce la electricidad que necesitan los coches (sin los inconvenientes de la dínamo) y en cantidades tan abundantes que permite hacer funcionar los diversos mecanismos y dispositivos, eléctricos y electrónicos, que cada vez se van multiplicando más en los automóviles modernos, lo cual, sin duda, constituirá el mayor aliciente y atractivo de los coches del futuro, además de dar mayor seguridad a su funcionamiento y manejo.

El segundo problema a resolver era el del carburador. Si bien es cierto que ha sido objeto de muchos perfeccionamientos, a tal punto que se han llegado a obtener resultados muy satisfactorios cuando se viaja en forma continuada a más de 40 km/h, su funcionamiento es deficiente cuando el coche transita por centros urbanos con gran cantidad de vehículos en marcha lenta, con paradas frecuentes, etc. En tales circunstancias, el carburador no tiene la adaptabilidad necesaria, consume exceso de combustible, emana gran cantidad de gases nocivos el tubo de escape, su funcionamiento no puede seguir los cambios bruscos de velocidad, todo lo cual representa un grave inconveniente.

Y bien, gracias a la electrónica, también se ha resuelto este importante problema, realizado por la genial creación de los ingenieros de la Robert Bosch

de Stuttgart, Alemania. Su sistema de inyección de gasolina, con mando electrónico, funciona con tanta precisión (podríamos decir con inteligencia) que resuelve, en todos los casos y circunstancias, la provisión exacta y en el preciso instante del combustible que requieren los motores de combustión interna.. Es muy probable que dentro de muy pocos años el carburador sea reemplazado por este nuevo sistema de inyección de combustible, así como va siendo reemplazada la dínamo por el alternador.

Así como con la electrónica se han resuelto estos dos problemas, ahora también ha contribuido a hacer posibles numerosas aplicaciones que harán del automóvil una verdadera maravilla de confort, seguridad y placer de viajar.

En este libro se describen las más diversas modalidades de la electrónica en el automóvil, y quienes aprendan los conocimientos que se explican poseerán una cultura técnica que les permitirá manejar lo más moderno que actualmente se sabe de esta especialidad y, además, estarán capacitados para aplicar estos conocimientos en el taller o en sus estudios técnicos.

Es suficiente dar un somero repaso a esta obra para notar la diversidad de temas que en ella se tratan, desde el concepto de la constitución de materia (fundamento de la teoría electrónica) hasta el sistema de inyección y mando electrónico del combustible en los motores térmicos, que es la última palabra en la técnica del automóvil, sin contar, además, la diversidad de dispositivos electrónicos que se describen.

Es para mí una gran satisfacción aprovechar este momento para agradecer a las diversas fábricas de automóviles y de equipos eléctricos, de Argentina, Estados Unidos y Europa, el haberme facilitado la valiosa información técnica (gráfica y escrita) que se publica en esta obra, entre las cuales menciono la General Motors, Fiat, Peugeot, Renault, Citroën, etc., así como las fábricas de equipos eléctricos Marelli, Ducellier, Argelite, BIM, Martin Amato y Cía., En forma especial debo destacar las fábricas de automóviles IKA Renault y Mercedes Benz, que me han entregado abundante y valiosísimo material técnico, manuales de taller, etc. Asimismo, mi gran agradecimiento a la firma Bosch Argentina, que, además de haberme facilitado diversos textos de gran valor técnico y didáctico, ha tenido la gentileza de permitirme la publicación en esta obra de su **Instrucción técnica** sobre la **Inyección de gasolina con mando electrónico,** creación de los ingenieros de la Bosch, que constituye una obra maestra de la electrónica más avanzada.

Amigo lector: si con esta obra aprende la electrónica aplicada al automovilismo en general, será para mí una satisfacción muy grande al saber que he escrito un libro de utilidad práctica, tanto para los estudiantes de las escuelas de automovilismo como para los autoelectricistas o, simplemente, para quienes se interesen por la electrónica del automóvil.

EL AUTOR

PRIMERA PARTE

ELECTRONICA

Capítulo I

CONSTITUCION DE LA MATERIA

Breve resumen histórico

Es muy difícil explicar satisfactoriamente el funcionamiento de los dispositivos electrónicos que intervienen en las instalaciones modernas de los automóviles sin tener una idea, aunque sea muy somera, de las teorías actuales acerca de la constitución de la materia.

Entre los varios postulados que nos legaron los sabios de la antigua Grecia figura el del átomo. El filósofo Demócrito explicó que la materia está compuesta de corpúsculos infinitamente pequeños, los cuales son *indivisibles* (en griego: *átomo*), siendo por eso que los cuerpos pueden reducirse a polvo sin que por eso pierdan sus propiedades: las partículas, pulverizadas, de hierro, por ejemplo, siguen siendo hierro y así con cualquier otro cuerpo, aunque se las reduzca a un estado polvoriento, casi impalpable.

Durante 20 siglos se enseñó que el átomo era no sólo la última división a que puede someterse cualquier cuerpo simple, sino que, además, era indestructible. Pero, en el año 1811, el físico italiano Avogadro realiza el más grande descubrimiento de la física corpuscular al enunciar su famosa ley: "A volúmenes iguales de gas, bajo las mismas condiciones de presión y temperatura, contienen igual número de moléculas". Desde ese momento empieza la ciencia del átomo, pero desde un punto de vista puramente químico, hasta que en 1887 el ilustre físico danés Arrhenius, experimentando con la electrólisis, reunió las leyes de Avogadro y de Faraday y manifestó que: "Faraday enseña que un gramo equivalente de plata, en un baño de galvanoplastia se deposita en el ánodo por el paso de 96 540 coulombs a través de la solución; pero, según Avogadro, este gramo equivalente se compone de $60,2 \times 10^{22}$ átomos; por consiguiente, cada uno de estos átomos lleva una carga eléctrica de $1,60 \times 10^{-19}$ Coulomb".

Ni más, ni menos: *Se había determinado la carga eléctrica del átomo.*

Prosiguiendo el fascinante estudio del átomo, experimentando con los rayos catódicos, se encontró que la electricidad negativa es llevada por partículas mucho más ligeras que el átomo, obteniéndose, por medio de numerosas experiencias, que la masa de una de estas partículas de electricidad negativa tiene una masa 1 840 veces menor que la del átomo de hidrógeno, que es el menos pesado de todos los átomos.

El resultado es asombroso: *Se había calculado el peso de una carga negativa de electricidad.*

Obsérvese que siempre hemos mencionado "cargas negativas", que es como se las denominaba en esa época, hasta que, en 1891, el profesor Stoney les dio el nombre de *electrón*, que es

como las denominaremos en lo sucesivo.

Y ahora surgen varias preguntas: ¿De dónde provienen los electrones? Hasta ahora habíamos considerado el átomo como una partícula de materia, nada más, pero resulta que de este bloque emanan corpúsculos más pequeños, lo cual significa que el átomo no es un bloque de materia maciza... Y bien, la teoría de Demócrito, después de 22 siglos de glorioso reinado, se deshace como el átomo mismo: el átomo ya no debería llamarse átomo (átomo = indivisible). El átomo se desintegra en una variedad sorprendente de formas de energía.

La segunda pregunta, verdaderamente crucial, es la siguiente: Puesto que el átomo, en su estado normal, es eléctricamente neutro, ¿dónde está la carga positiva que forzosamente debe de equilibrar la carga negativa de los electrones?

Rutherford, ilustre físico que podría llamársele el creador de la Electrónica Experimental, como resultado de sus célebres trabajos contesta así las preguntas anteriores: "La carga positiva está concentrada en el núcleo central; el núcleo posee casi toda la masa del átomo". Asimismo, Rutherford establece que un átomo es semejante a un sistema solar, estando en el centro el núcleo, pesado, como un sol que lleva la carga —eZ; en la periferia, en distintas órbitas, giran vertiginosamente Z electrones, cada uno de los cuales posee una carga eléctrica —e.

El número Z es igual numéricamente al que le corresponde en el del orden de la célebre clasificación periódica de Mendeléef, que coincide con el número de electrones de cada cuerpo. Así, encabeza la Tabla el hidrógeno, con el número 1 y posee un electrón; el número atómico del cobre ocupa el 29 lugar y el cobre posee 29 electrones, y así sucesivamente: la plata, 47; el indio, 49, etc., habiéndose descubierto hasta ahora unos cien cuerpos simples.

Ahora bien, los electrones que giran alrededor del núcleo de cada cuerpo están distribuidos en órbitas, aumentando el número de electrones de cada órbita a medida que se aleja del núcleo. Es fácil determinarlo: es el doble del número de orden de la órbita elevado al cuadrado. Así, por ejemplo, la primera órbita puede contener: 2 (el duplo) de 1 (primera órbita) elevado al cuadrado, que es 1, o sea, $2 \times 1 = 2$ electrones la segunda órbita puede contener 2 (duplo) $\times$ 2 (segunda órbita) elevado al cuadrado, que es 4; luego la segunda órbita puede contener: $2 \times 4 = 8$ electrones; la tercera órbita podrá contener: 2×3 al cuadrado, que es 9, o sea $2 \times 9 = 18$ electrones, y así sucesivamente: para la cuarta órbita, 32 electrones, para la quinta órbita 50 electrones, etc. Observamos que estas órbitas están *completas*, y, utilizando la regla dada anteriormente podemos averiguar si la última órbita está completa, o no: los cuerpos con la última órbita completa son aisladores y, si es incompleta, conductores: retomaremos esta conclusión al estudiar los semiconductores, en el próximo capítulo.

La figura 1 representa gráficamente estructuras atómicas. En a) un átomo con 4 órbitas completas y, en b), la representación de la estructura electrónica del cobre, que teniendo 29 electrones, si sumamos los electrones de la primera órbita (2 electrones), más los de la segunda (8 electrones) y los de la tercera órbita (18 electrones), total, 28 electrones, resulta que estando completas las primeras tres órbitas, sobra 1 electrón que, forzosamente, estará situado en la cuarta órbita, girando libre, en vez de estar formando una cadena cerrada como ocurre con las órbitas completas. Este electrón libre hace, precisamente, que el cobre sea un buen conductor de la electricidad puesto que, al irse desplazando sucesivamente en el circuito por medio de los átomos contiguos produce lo que llamamos electricidad.

Volvamos al estudio de la estructura del átomo. Rutherford, prosiguiendo sus trascendentales experiencias descubre el *protón*, con carga positiva.

que, junto con el electrón, constituyeron, por un tiempo, los pilares fundamentales de la formación de todos los núcleos corpusculares. Pero al

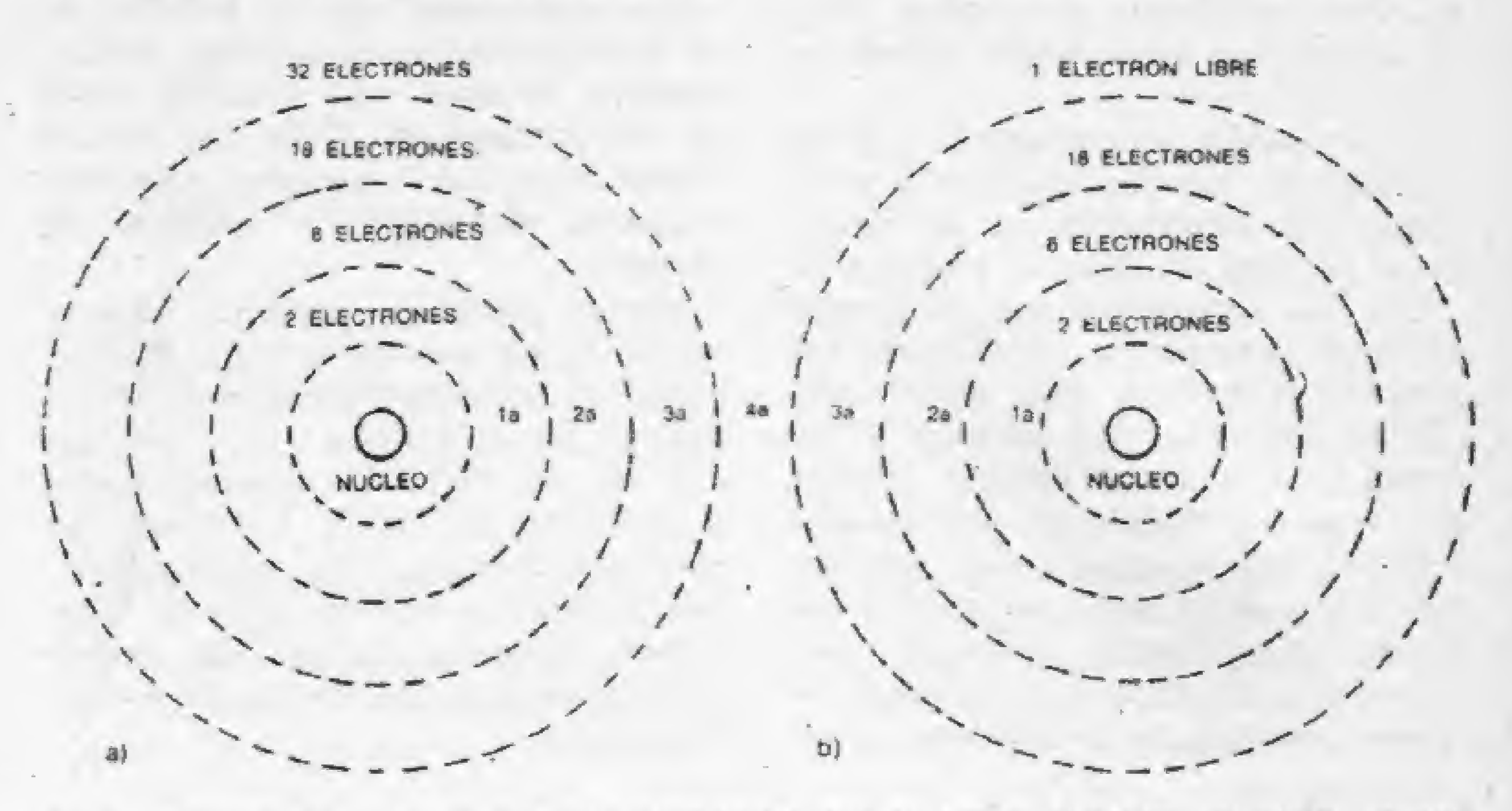


Fig. 1. Representación de los sistemas electrónicos que se forman alrededor del núcleo central. Son similares a los sistemas planetarios.

realizar experiencias de transmutación de metales (el mercurio se transforma en oro al quitarle un electrón) se observaron radiaciones muy penetrantes, que más tarde, Chadwick, las interpretó como producidas por partículas de masa casi igual a la del protón, pero sin ninguna carga eléctrica a las que llamó *neutrones*. Se atribuyen al neutrón dos cargas iguales y de signo contrario que, en conjunto, lo hacen aparecer como neutro.

Reuniendo las explicaciones anteriores gráficamente, representamos en la figura 2 un núcleo, correspondiente al cuerpo más simple, al primero de la Tabla de los números atómicos, el hidrógeno; por consiguiente, en su núcleo hay un protón (positivo) y un neutrón (positivo-negativo), habiendo en la primera y única órbita, un electrón.

Ya hemos definido los tres elementos principales que constituyen la materia y, además, tenemos una idea de la constitución del núcleo central del átomo. Podemos resumirlo así:

1) El *electrón*. Su masa es de $9{,}1 \times 10^{-31}$ kg. Su carga, negativa, vale $1{,}6 \times 10^{-19}$ Coulomb.

2) El *protón*. Su masa es 1 836 veces la del electrón. Su carga es positiva y vale $1{,}6 \times 10^{-19}$ Coulomb.

3) El *neutrón*. De masa 1 829 veces la del electrón, sin carga eléctrica. Se llega a admitir que posee dos

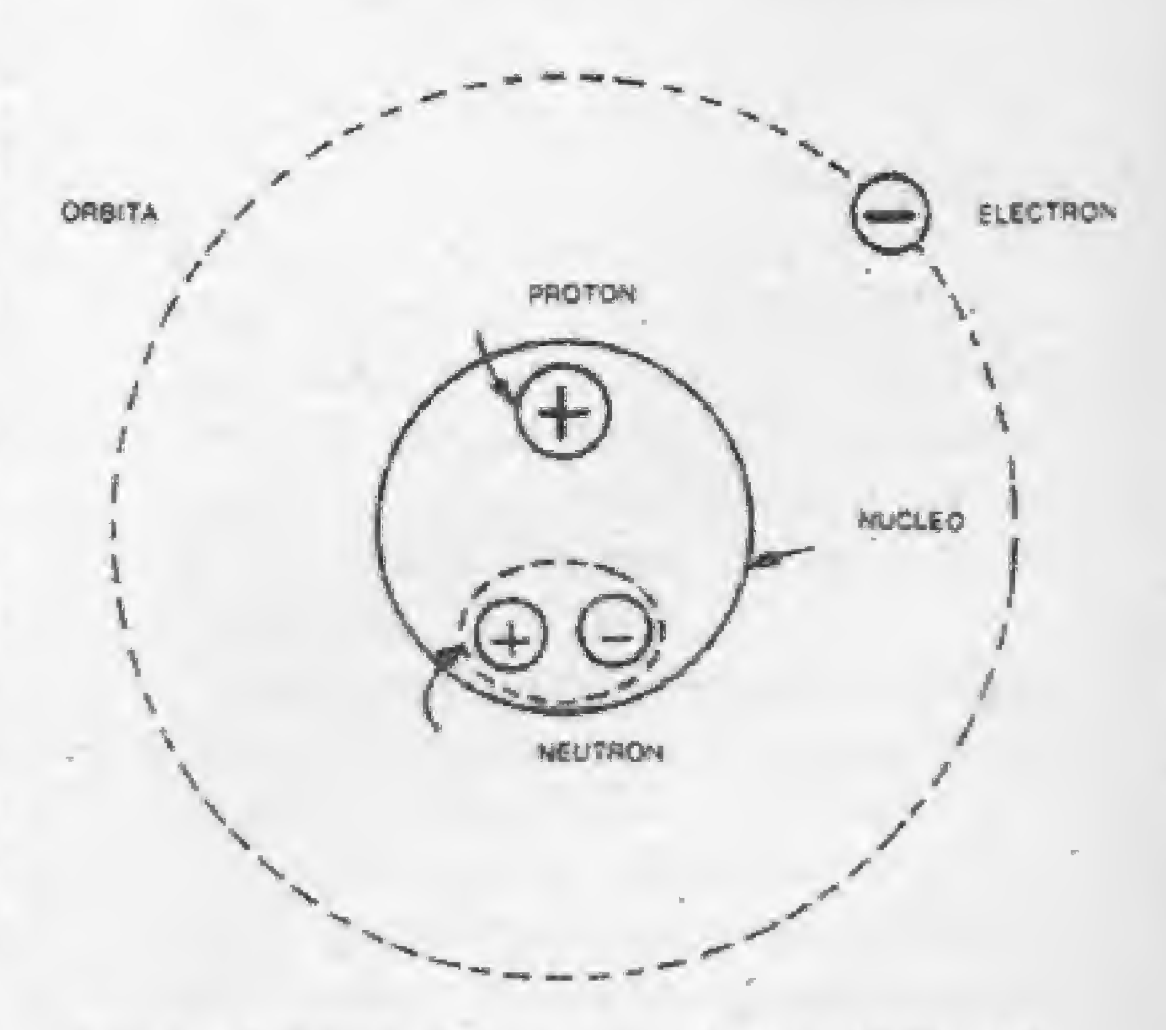


Fig. 2. Sistema del átomo de hidrógeno formado por 1 electrón y el núcleo constituido por 1 protón y 1 neutrón.

cargas eléctricas iguales y de signo contrario, debido a que en estado libre es inestable, des-

componiéndose en un electrón y un protón.

Hasta aquí hemos explicado, muy someramente, los corpúsculos atómicos que constituyen la materia. Ahora añadiremos unas líneas sobre los anticorpúsculos.

Teóricamente, el corpúsculo y el anticorpúsculo difieren únicamente en la sustitución sistemática de la electricidad positiva en negativa y viceversa.

Con los anticorpúsculos es posible construir antimateria. ¿Cómo está formada la antimateria que, según autorizadas opiniones, hay estrellas y sistemas solares en el espacio infinito, que están formados de antimateria? Esta antimateria está formada por átomos cuyo núcleo sería negativo y los electrones periféricos, positivos. Esta antimateria se anularía al contacto de nuestra materia, produciéndose, como resultado, una transmutación de materia en energía, mil veces mayor que la energía que produce la escición del átomo de uranio.

No seguiremos con el estudio de la constitución de la materia porque, todavía, estamos muy lejos de saber su última palabra. Cada vez surgen corpúsculos más pequeños, desvaneciéndose, al parecer, en vorágines de energía.

Hemos procurado presentar, descrito en forma sencilla y muy simplificada, los conceptos actuales de la formación de la materia. Creemos que con ello se tendrá una idea más clara y completa de cómo funcionan los semiconductores y, por consiguiente, los dispositivos que con ellos se construyen, utilizados en las más modernas instalaciones eléctricas de los autovehículos.

Capítulo II

DIODOS

Semiconductores

Tanto los diodos como los transistores están formados por ciertos cuerpos, llamados semiconductores, los cuales pueden clasificarse entre los conductores y los aisladores de la electricidad. También puede decirse de ellos que son más conductores que los llamados cuerpos aisladores y, a su vez, muchísimo más aisladores que los cuerpos conductores.

Recordemos que damos el nombre de corriente eléctrica a los fenómenos que ocurren cuando se desplaza un flujo de electrones por un conductor. Es condición esencial para que ese desplazamiento de electrones tenga lugar que el cuerpo que los canaliza (alambre, etc.) sea un buen conductor, lo cual se realiza cuando dicho cuerpo posee muchos electrones disponibles en su estructura atómica, como ocurre en la plata, el cobre, etc.

Por "electrón disponible" debe entenderse el que es fácilmente liberado de la órbita exterior del sistema electrónico de un átomo para que así, siendo libre, pueda propagarse (contribuyendo a formar parte de una corriente) en vez de seguir girando alrededor del núcleo central del átomo.

En cambio, si los átomos del cuerpo considerado poseen muy pocos electrones disponibles se dice que ofrece resistencia al paso de la electricidad y, finalmente, si las órbitas de electrones están completas, es casi imposible arrancarles ningún electrón: se dice que ese cuerpo es un aislador.

Esto se complica cuando se trata de describir los fenómenos que ocurren en los cuerpos llamados semiconductores. En efecto, en las explicaciones anteriores, basadas en la **Teoría electrónica de la electricidad**, sólo intervienen electrones, o cargas negativas, que se desplazan por el efecto de una diferencia de potencial eléctrico: los electrones (siendo negativos) fluyen del polo negativo del generador y se desplazan hacia el polo positivo a lo largo del conductor, o salvando un espacio (vacío, o con algún gas) en las válvulas electrónicas.

Veamos ahora la teoría que se ha estructurado para explicar, en su estado actual, el funcionamiento de los semiconductores con su doble polaridad de cargas eléctricas, positivas y negativas, que se desplazan en sentido contrario dentro de los semiconductores.

Cuando en un semiconductor se libera un electrón (carga negativa) se rompe el equilibrio eléctrico de una partícula neutra, dejando en ella una carga de signo contrario, positiva en este caso. A estas cargas positivas se las denomina (en la teoría de los semiconductores) "lagunas", debido a que se admite que al salir un electrón queda un "vacío" con carga positiva. Según esta teoría, teniendo en cuenta la ley de qué cargas de signo contrario se atraen, resulta que cuan-

do los electrones están separados de las lagunas se desplazan hacia éstas, resultando de ello que cada vez que un electrón viaja de una laguna a la siguiente todo sucede como si éstas se desplazasen en sentido contrario.

Puede tratar de imaginarse el desplazamiento de las lagunas. Supongamos un tablero de ajedrez, cuyos cuadros blancos representen las lagunas: al ir desplazando una ficha negra (representativa de un electrón) hacia la derecha, todo sucede como si el cuadrito blanco se desplazase hacia la izquierda, de forma que todo ocurre como si, al desplazarse un electrón, se moviese, en sentido contrario, la laguna.

Semiconductor tipo P. Los cuerpos más empleados industrialmente para fabricar semiconductores son el germanio y el silicio, con los cuales se construyen los diodos y los transistores. Tanto el germanio como el silicio si se purifican a un estado tal que no contengan ni trazas de impurezas, son aisladores que podríamos calificar de perfectos, lo cual quiere decir que no tienen electrones libres en su estructura atómica. Ahora bien, si a cualquiera de estos dos cuerpos añadimos una porción infinitésima (en la proporción de uno a cien millones) de un cuerpo muy rico en cargas positivas (como el indio) obtendremos un semiconductor ávido de cargas negativas (para neutralizar las cargas positivas que tiene en exceso): se dice que es un semiconductor "aceptante" de electrones y se lo denomina semiconductor tipo P (positivo): contiene una superabundancia de "lagunas" (cargas positivas).

Semiconductores tipo N. Si ahora añadimos al silicio, o al germanio, en estado de pureza absoluta, una partícula también infinitésima de antimonio, o de arsénico, se nos transforma en un semiconductor riquísimo de cargas negativas y, por lo tanto, "donante" de electrones; se lo denomina semiconductor tipo N (negativo). La figura 3 representa dos semiconductores, uno del tipo P y otro del tipo N, que tratan de ilustrar las explicaciones anteriores gráficamente: en el semiconductor tipo P, las cargas positivas (lagunas) se desplazan por el interior del semiconductor atraídas por el potencial negativo de la batería, mientras que en el semiconductor tipo N, las cargas negativas (electrones) se mueven hacia el polo de potencial positivo.

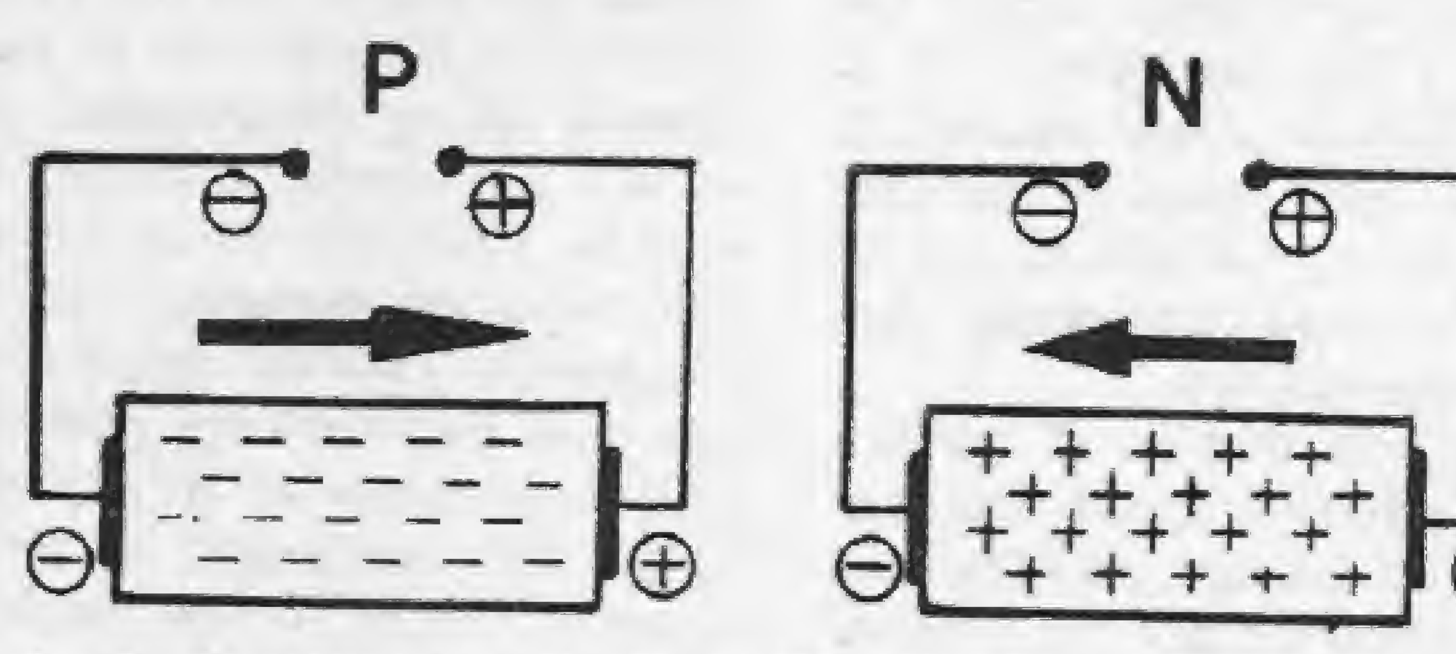


Fig. 3. Representación de las cargas positivas y negativas de los semiconductores tipo P y tipo N, respectivamente.

DIODOS COMUNES

Diodos

Si se ponen en contacto dos semiconductores, uno del tipo P y otro del tipo N, se obtiene un dispositivo denominado "diodo" (fig. 4).

Ocurre un fenómeno muy interesante en esta juntura de dos polaridades opuestas y es que se produce un cambio gradual de polaridad, del positivo al negativo, cuyo espesor es de sólo algunas milésimas de milímetro. En

este espacio los electrones del semiconductor N y las lagunas del semiconductor P se entremezclan produciéndose en la juntura lo que se denomina "Barrera de Potencial". Esta ba-

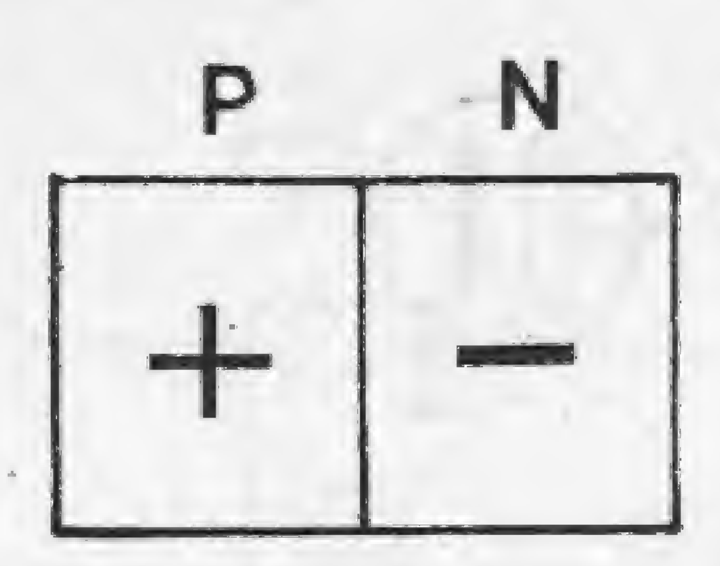


Fig. 4. Disposición esquemática de un "diodo" formado por la unión de un semiconductor tipo P y otro tipo N.

rrera de potencial actúa como *aislador* entre los dos semidiodos, P y N, lo que, por similitud de efectos, puede considerarse el diodo como si fuese un capacitor. Las dos armaduras están formadas por los dos semiconductores P y N, con cargas de signo contrario, separadas por un aislador (dieléctrico) formado en la juntura por la barrera de potencial (fig. 5). Precisamente, basándose en este efecto capacitativo de la juntura, se construye un

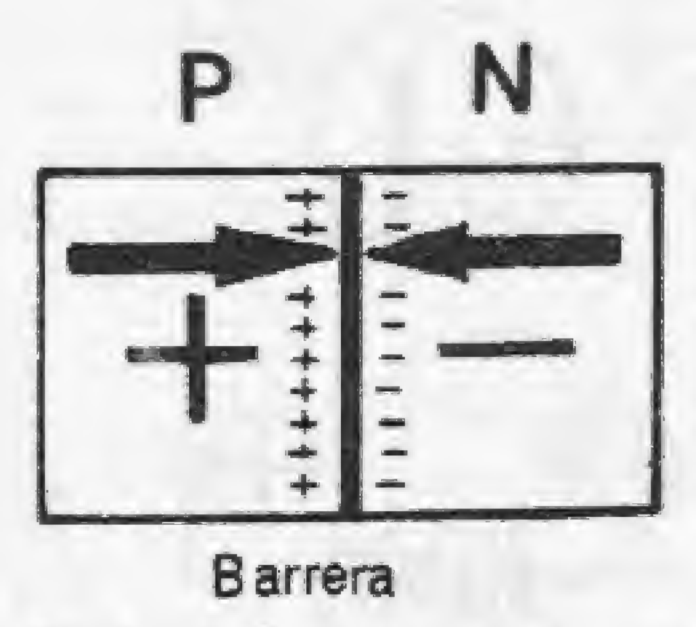


Fig. 5. Idealización de la "juntura" en los diodos sólidos.

tipo especial de diodo, denominado "Varistor", utilizado para estabilizar la tensión de un circuito.

Veamos ahora lo que sucede cuando aplicamos un potencial eléctrico a los dos semiconductores, P y N, conectando el diodo en serie con una batería. Pueden ocurrir dos casos: a) Cuando se conectan polaridades del mismo signo, del diodo y de la batería; b) Cuando se conectan polaridades opuestas.

a) *Polaridades del mismo signo.* Conectemos una batería eléctrica de manera que su polo positivo esté conectado al P del diodo y, el polo negativo, al N del diodo (fig. 6). En estas condiciones las cargas positivas de la batería se aplican a la entrada del semiconductor P y como que cargas del mismo signo se rechazan, al penetrar en el diodo, repelen las lagunas (cargas positivas) presionándolas hasta que llegan a la juntura; ahí se combinan con los electrones procedentes del polo negativo de la batería, los cuales, pasando a través del semiconductor N, llegan a la juntura; el resultado de esta combinación de lagunas y electrones es que la barrera de potencial queda diluida. Habiendo desaparecido la barrera de potencial y fluyendo constantemente electrones y lagunas a la juntura, procedentes de la batería, se establece un paso de corriente a través del diodo, fenómeno que dura mientras está conectada la batería. A esta forma de conectar el diodo con la fuente exterior de electricidad se la denomina de "sentido directo".

En la figura 6 b) se representa esquemáticamente un diodo de válvula electrónica, conectado en el sentido convencional de funcionamiento, o sea con el positivo a la placa y el negativo al cátodo. En estas condiciones los electrones que fluyen del cátodo son atraídos por el ánodo y pasa la corriente: está conectado en forma directa, similar al caso que hemos considerado del diodo, formado por dos semiconductores.

b) *Polaridades de signo contrario.* Veamos ahora lo que sucede si conectamos el polo positivo de la batería con el semiconductor N del diodo y el polo negativo de la batería con el semiconductor P [fig. 7 a)]. Puesto que cargas eléctricas de signo contrario se atraen, los electrones (cargas negativas) que contiene el semi-

conductor N se amontonarán en forma de avalancha en la conexión del polo positivo de la batería y, las lagunas, en la conexión del polo negativo. El resultado de todo esto es que en la

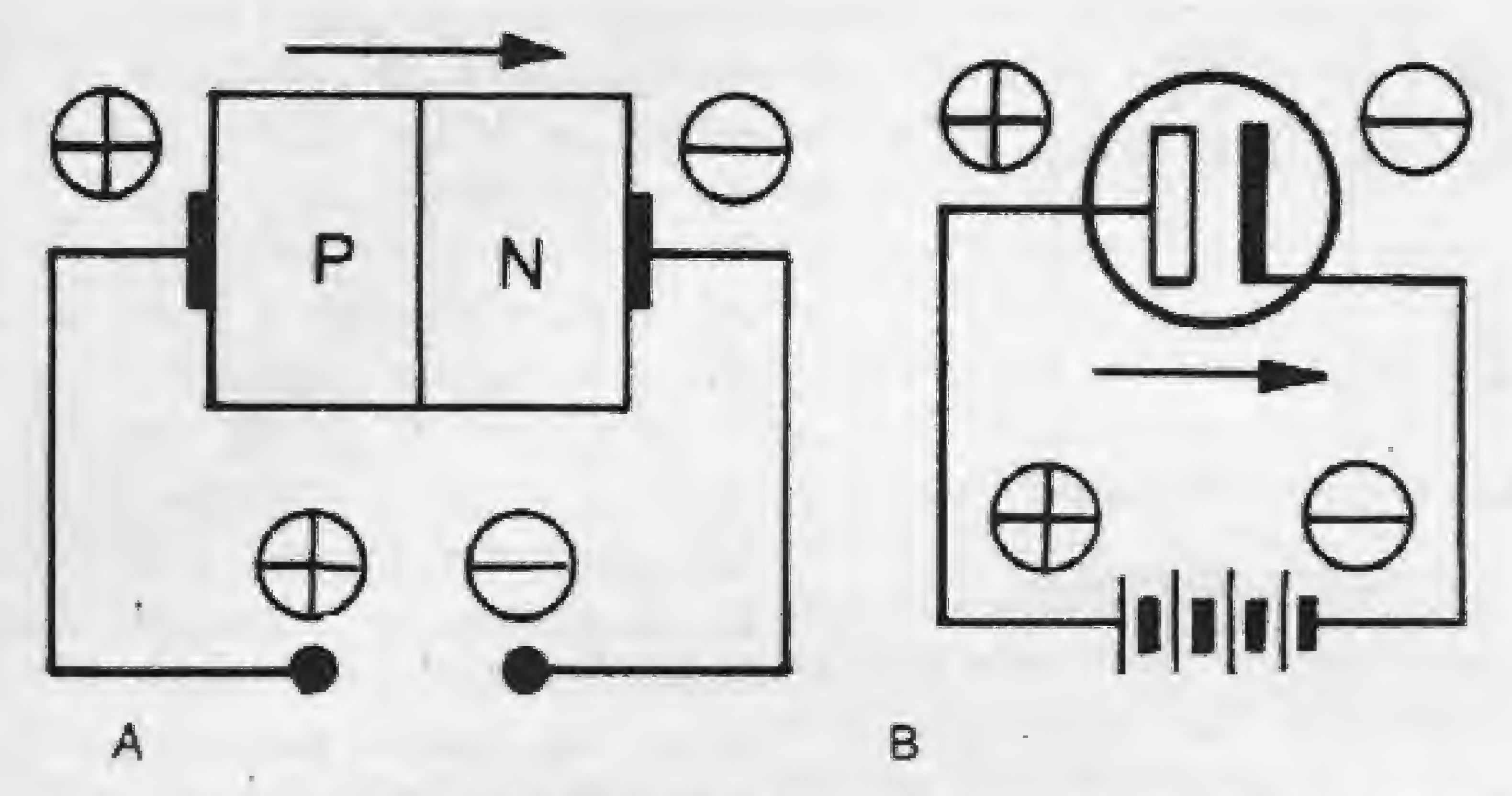


Fig. 6. Cuando se aplican polaridades iguales se obtiene el sentido directo de propagación de la corriente en el diodo.

juntura en vez de unirse se separarán los electrones y las lagunas (por desplazarse hacia los polos de la batería) aumentando por consiguiente el efecto de la barrera de potencial. El resultado neto es que todo sucede como si hubiese aumentado la resistencia interna del diodo no habiendo, prácticamente, intercambio de cargas de signo con-

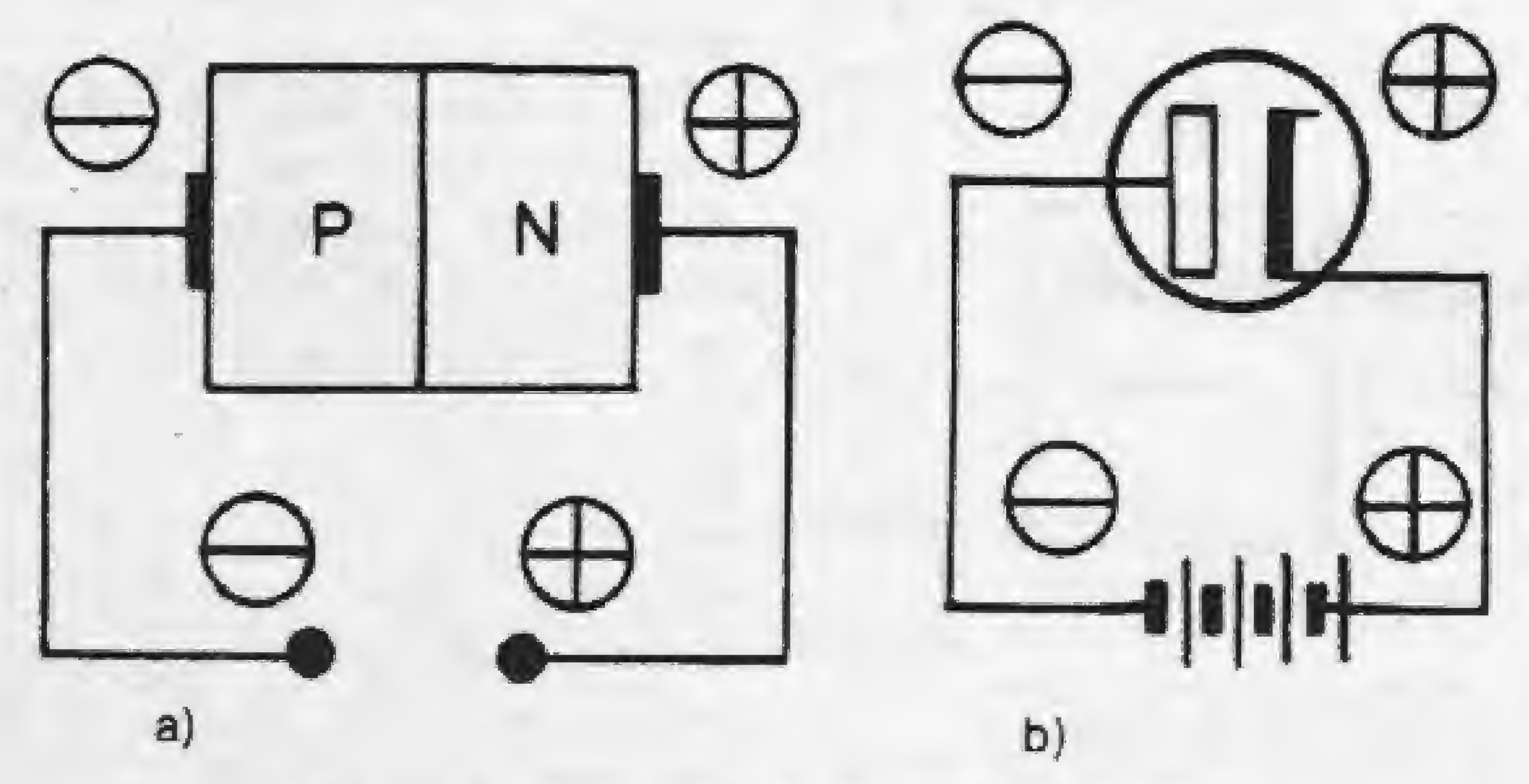


Fig. 7. Si la corriente de la batería es inversa no hay paso de corriente

trario en la juntura: el funcionamiento del diodo queda bloqueado: no circula corriente de la batería a su través. En estas condiciones se dice que el diodo está conectado en "sentido inverso".

La figura 7 b), representa una comparación con un diodo termoiónico, conectado en sentido inverso, o sea: la placa (ánodo) con el negativo de la batería y el positivo conectado al cátodo. Veamos lo que sucede en estas condiciones. Los electrones que libera el cátodo por la acción del calor, son repelidos por el ánodo, por ser ambos, placa y electrones, del mismo signo, formándose un tumultuoso amontonamiento de cargas negativas en el cátodo. Se dice que está conectado en sentido inverso. La corriente no pasa debido a que se produce un fenómeno parecido a lo que sucede a un diodo, formado por dos semiconductores: está conectado en sentido inverso.

Un diodo se representa por medio de un triángulo y un pequeño rectángulo (fig. 8). El triángulo simboliza el semiconductor positivo y el rectángulo

el semiconductor negativo. El vértice del triángulo señala el sentido directo del paso de la corriente. La flecha viene del positivo y apunta hacia el negativo. Estamos considerando el concepto tradicional de propagación de la corriente eléctrica, del positivo

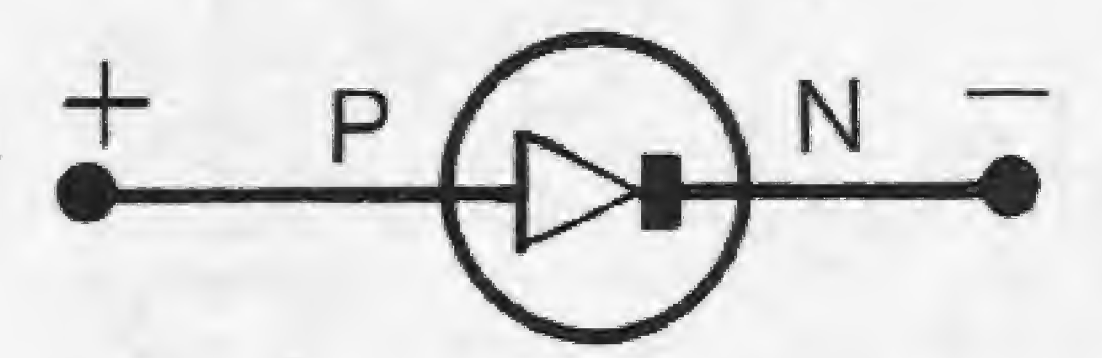


Fig. 8. Símbolo del "diodo sólido", de semiconductores.

al negativo; en cambio si queremos adoptar el sentido de propagación de los electrones, del negativo al positivo, entonces tenemos que considerar el sentido inverso del que señala la flecha.

Apliquemos ahora todos los conocimientos que hemos explicado haciendo dos experimentos que nos servirán para demostrar las diversas aplicaciones prácticas de los diodos.

Primer experimento. Dispongamos una pila eléctrica, un miliamperímetro, un reostato y un diodo, tipo P, conectados tal como indica la figura 9. El diodo está conectado en sentido directo y por lo tanto el amperímetro señalará un paso de corriente, cuyo valor podremos ajustar mediante el reóstato. La entrada del diodo está conectada al polo positivo de la pila y su salida al polo negativo. Hay paso de corriente porque los polos de la batería se han conectado con las correspondientes polaridades del diodo, o sea: positivo con positivo y negativo con negativo. En la figura b) se hace una comparación con una válvula electrónica.

Segundo experimento. Consideremos ahora lo que sucede si realizamos el circuito representado en la figura 10. Se ha invertido la polaridad del generador, empleando siempre un diodo tipo P. Como que la polaridad positiva de la pila se aplica en sentido inverso, ahora actúa como una válvula que se ha cerrado; su resistencia eléctrica en estas condiciones es prácticamente infinita y el instrumento de medida no señala ningún paso de corriente: se han conectado polaridades de signo contrario.

Con estos dos experimentos quedan demostradas las propiedades rectificadoras de los diodos semiconductores. En la figura b) se compara con una válvula.

Características de los diodos

La curva representativa de la tensión que aparece en los bornes de un diodo, con relación a la intensidad

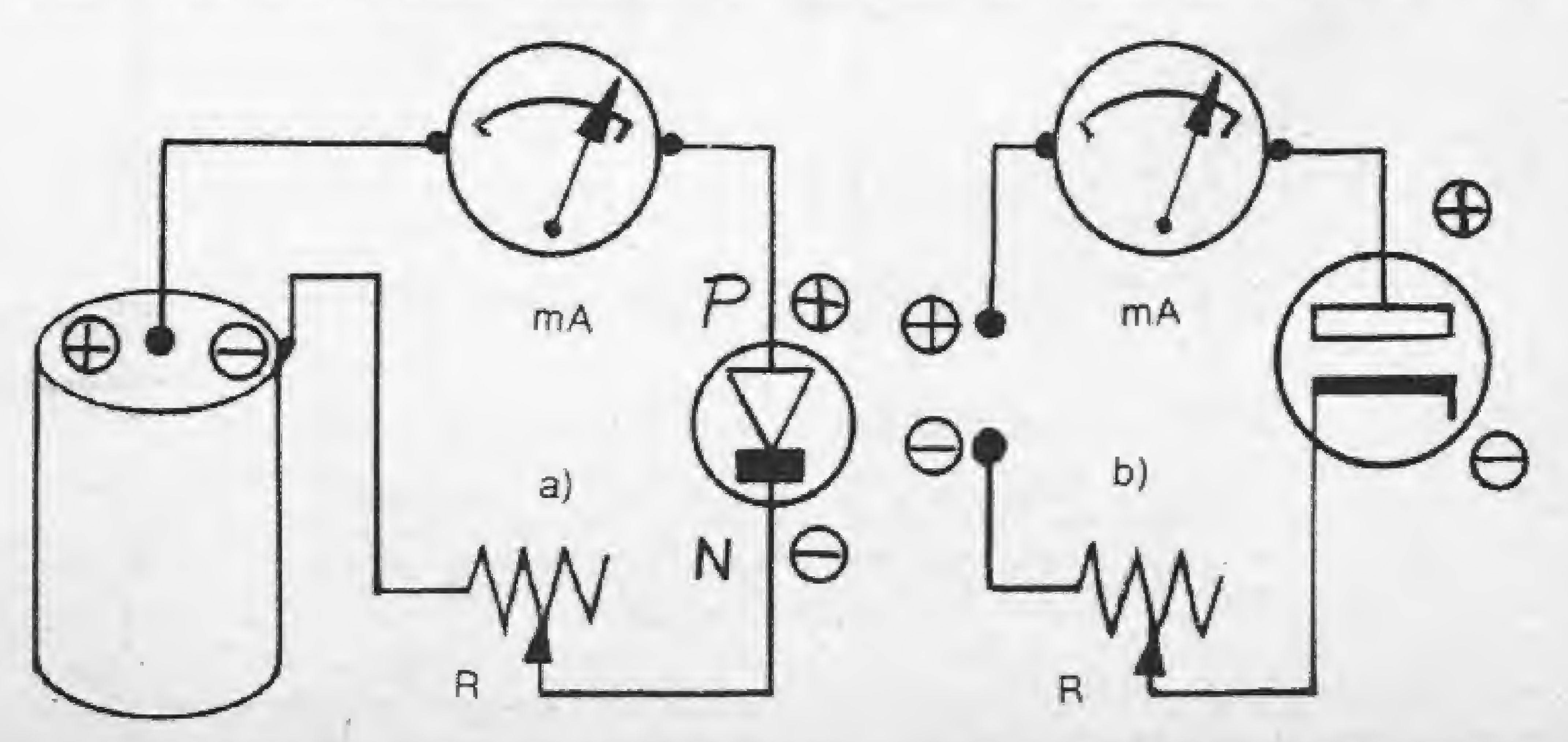


Fig. 9. Experimento que demuestra el funcionamiento de los diodos cuando se les aplica corriente de sentido directo (polaridades iguales).

que lo atraviesa, está representada en la figura 11. Observamos que la relación V/I, homogénea a una resistencia (R = V/I) no es constante, pues la tensión V disminuye cuando la intensidad I aumenta. Esto significa que en el funcionamiento de un diodo se produce una pérdida de energía eléctrica que se transforma en calor, siendo éste precisamente el punto débil del funcionamiento de los dispositivos que emplean semiconductores, diodos y transistores y es que sólo pueden funcionar satisfactoriamente, sin perder sus propiedades si, a todo aumento de la corriente que pasa a través de ellos no se produce, simultáneamente, una estabilización de la temperatura, la cual debe estar adecuada a un valor, en grados, inferior al límite permisible para el tipo de semiconductor empleado, silicio, o germanio.

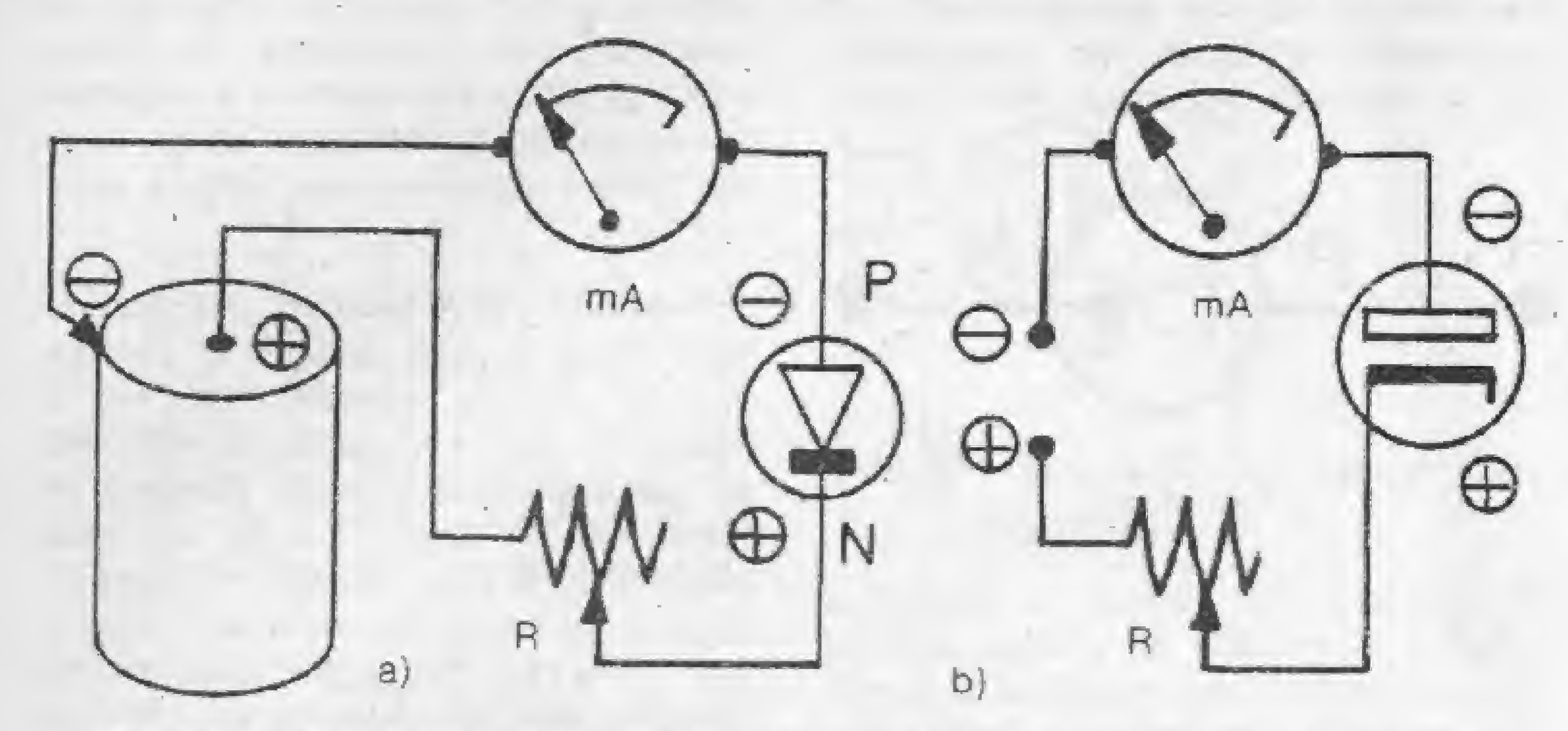


Fig. 10. Bloqueo de los diodos al aplicárseles corriente de sentido inverso (polaridades de signo contrario)

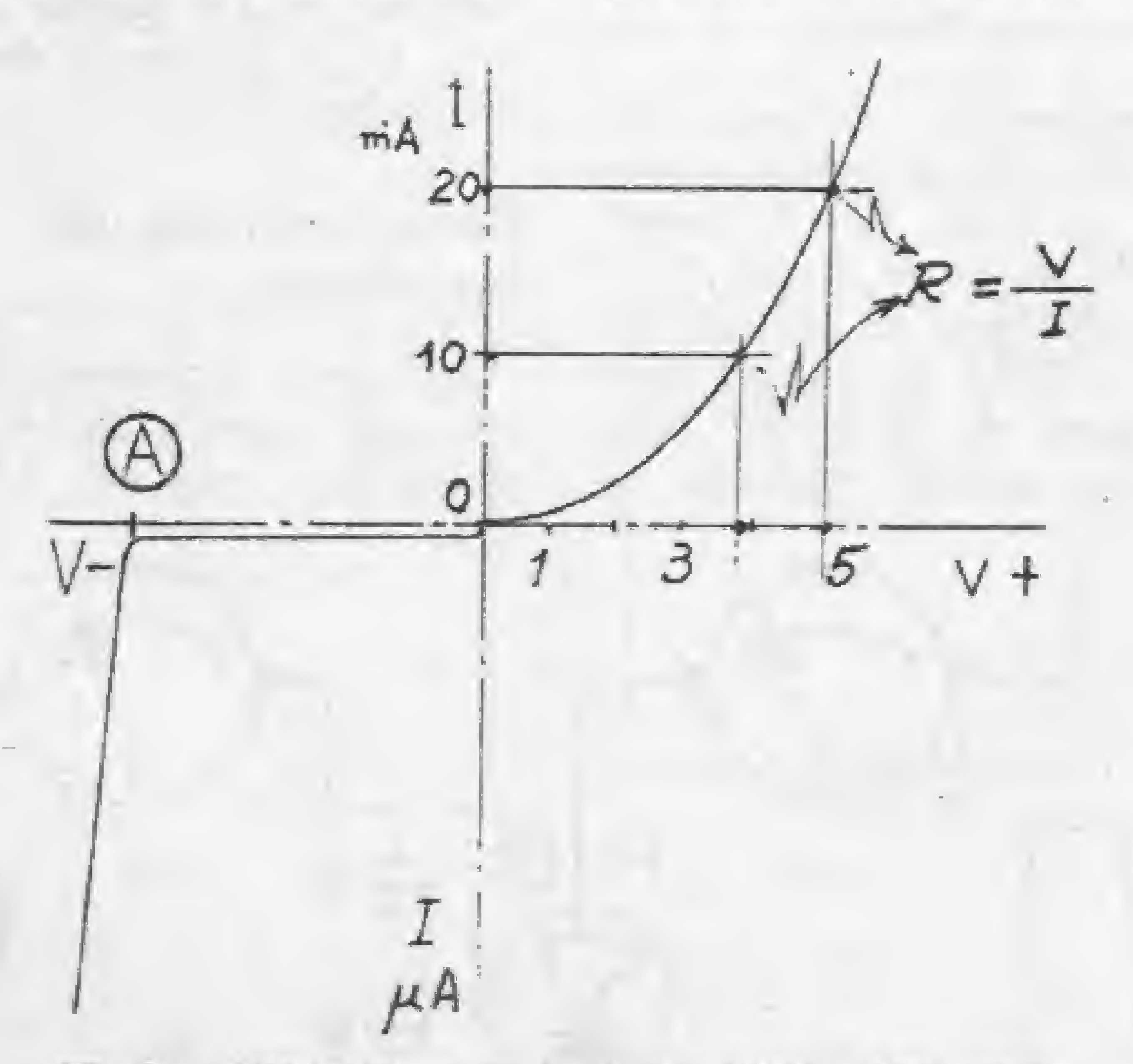


Fig. 11. Característica de un diodo sólido. Está representado por una curva exponencial, en mA para el sentido directo de la corriente y en micro-amperios para el sentido inverso: el punto (A) indica el llamado valor de la tensión Zener.

De ahí la necesidad de producir la dispersión del calor de los diodos por medio de materiales buenos conductores térmicos, con aletas para aumentar su superficie de contacto con el aire, ventilación forzada, etc. El equilibrio térmico es fundamental.

Aplicaciones de los diodos

Realizan los diodos tres funciones principales en las instalaciones modernas de los automóviles: a) aislador unidireccional (disyuntor); b) descarga derivada; c) rectificador de corrientes alternas.

a) **Aislador y disyuntor.** La función que realiza el diodo en este caso es dejar pasar la corriente cuando tiene sentido directo, actuando de interruptor cuando es de sentido inverso. Un ejemplo lo tenemos cuando se intercala un diodo entre el alternador y la batería del coche: sólo pasará corriente a través del diodo cuando el sentido de la corriente es directo y además, la presión eléctrica (tensión) del alternador sea superior a la de la batería. Esto significa que el alternador sólo envía electricidad al acumulador durante los medios ciclos positivos, actuando de aislador (por ser entonces la corriente de sentido inverso) para los medios ciclos negativos. Asimismo, el diodo actúa como disyuntor cuando la tensión de la batería es inferior a la del alternador, por no permitir el paso de corriente inversa. La figura 12 ilustra estas explicaciones, de la doble misión que cumple el diodo intercalado entre el alternador y la batería del coche.

b) **Descarga derivada.** En los circuitos que poseen un gran valor de inductancia, como en los devanados de los transformadores (la bobina en los automóviles) cuando se interrumpe la corriente del primario, entonces se retransforma la energía del campo magnético en electricidad, produciéndose una potente y abrupta cantidad de energía eléctrica, en forma casi instantánea, que puede perjudicar ciertos elementos. Para evitarlo la mejor solución es derivar a masa esta extracorriente y, para ello, el diodo cumple muy bien esta misión. Se conecta en paralelo con el devanado primario un diodo, conectado en sentido inverso (fig. 13), de suerte que cuando pasa la corriente para el funcionamiento normal del transformador, el diodo no es conductor, pero, cuan-

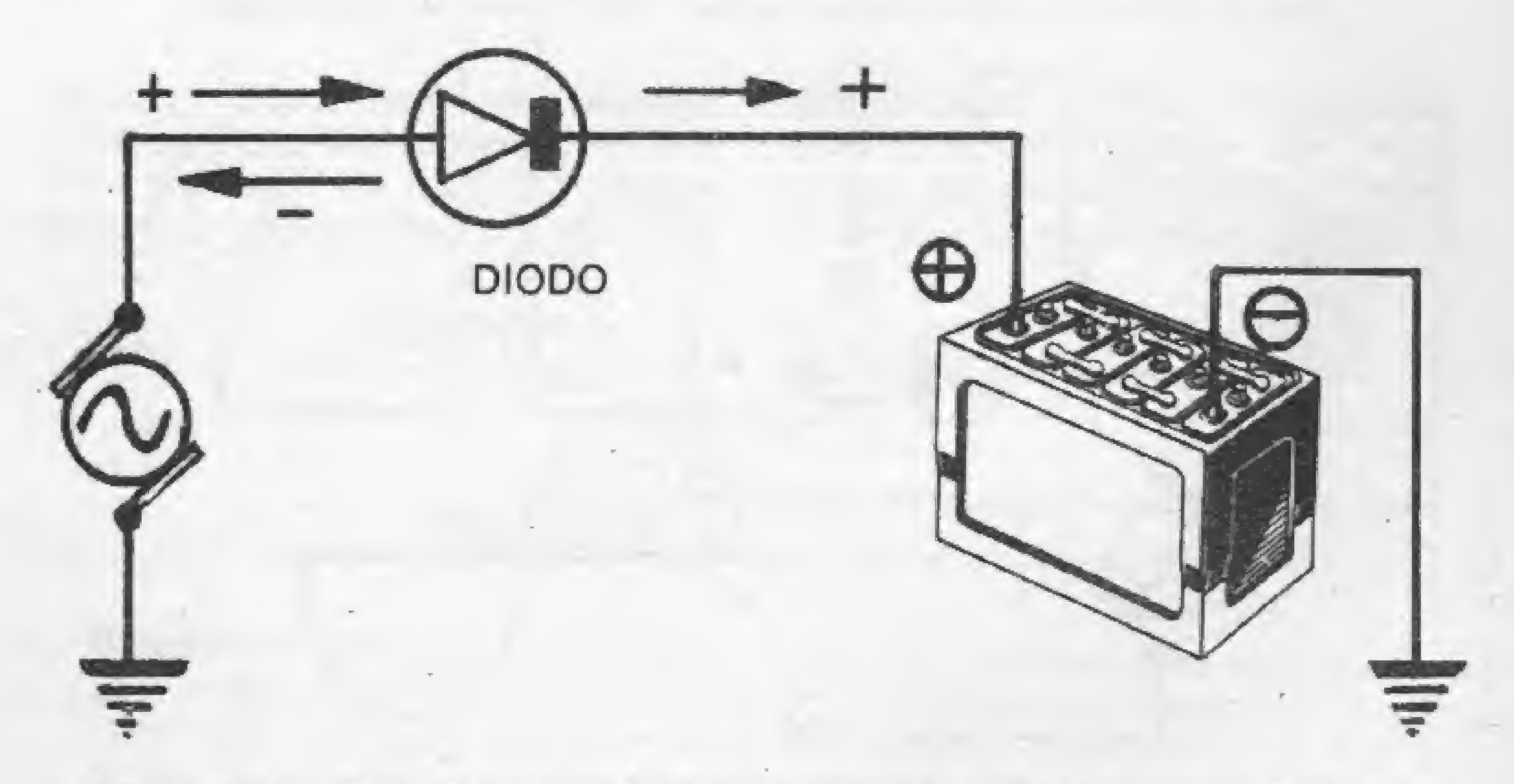


Fig. 12. El diodo como aislador cuando la corriente es de sentido inverso cumpliendo la función de disyuntor.

do al actuar el ruptor y se interrumpe la corriente del primario, la energía que estaba en el espacio bajo la forma de campo magnético se retransforma abruptamente en electricidad y se produce la extracorriente; es entonces que entra en acción el diodo, dejando pasar esta extracorriente (por estar ahora el diodo conectado en sentido directo con respecto de esta corriente inversa) descargándola a masa, quedando así protegidos los devanados. Esta disposición protectora que realiza automáticamente el diodo, la encontraremos aplicada en diversos casos en el transcurso de esta obra.

c) **Acción rectificadora.** Esta es la aplicación más importante que realizan los diodos en el automóvil pues gracias a ellos ha sido posible utilizar el alternador como generador de electricidad, sustituyendo la dinamo.

La rectificación mediante diodos es una consecuencia inmediata de las propiedades del diodo como conductor unidireccional que hemos estudiado y representado con las figuras 9 y 10: *sólo pasa corriente cuando el sentido es directo.* Por consiguiente, si conectamos un diodo en una generatriz de corriente alterna (fig. 14), por ejemplo el secundario de un transformador, sólo pasarán los medios ciclos positivos y obtendremos, en los bornes A y B una sucesión de medios ciclos positivos, perdiéndose los medios ciclos negativos.

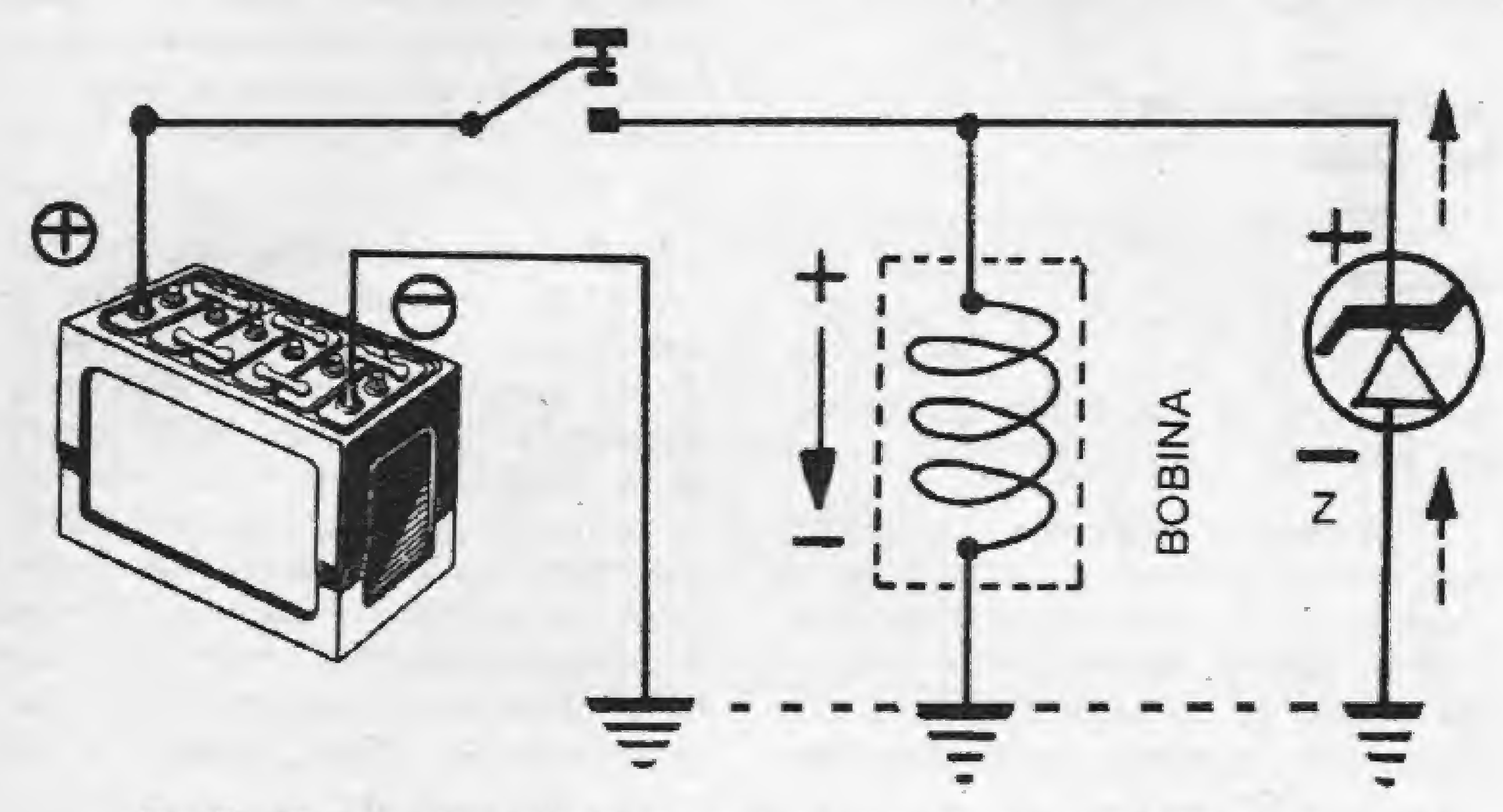


Fig. 13. El diodo como válvula de seguridad para derivar las sobretensiones.

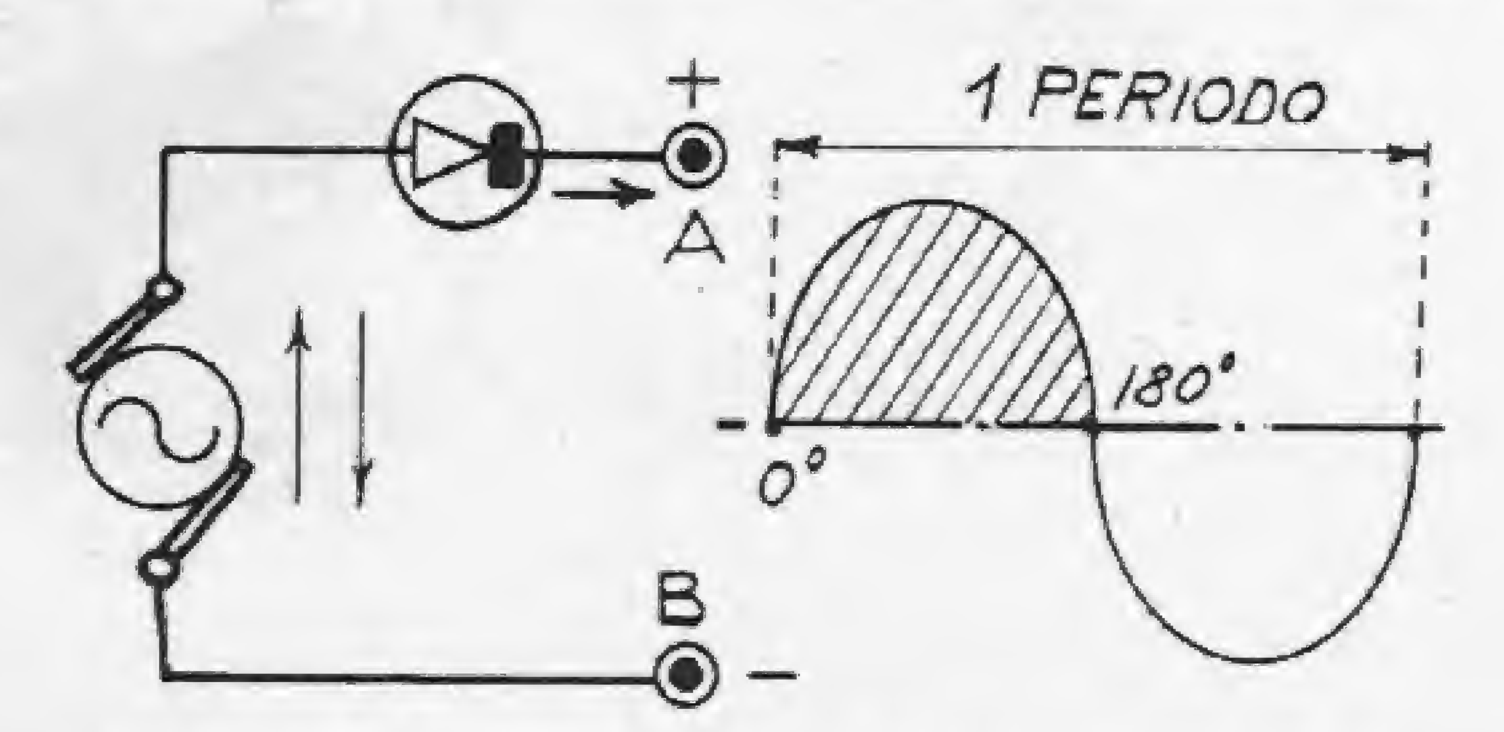


Fig. 14. El diodo como rectificador de las corrientes alternas monofásicas.

Teniendo esto aclarado, consideramos ahora la rectificación de las corrientes alternas, monofásicas y trifásicas, que son las que intervienen en las instalaciones de los automóviles. En ambos casos veremos cómo se realiza la rectificación de medios ciclos y la de los dos medios ciclos, o sea la rectificación completa.

RECTIFICADORES MONOFASICOS

Describiremos dos de los sistemas más empleados: a) Con transformador de conexión central; b) Puente de Graetz.

a) **Transformador con derivación.** Esta solución requiere dos diodos disponiéndose según indica la figura 15. En vez de un transformador especial a veces se utilizan dos transformadores, conectados en serie, cuya interconexión de los secundarios constituye la toma central. Es en este punto medio del secundario donde se admite que es invariable el valor del voltaje y sucede entonces que, alternadamente y siguiendo las variaciones de la corriente, los extremos del secundario S son siempre positivos, primero el 1, luego el 2, vuelve a serlo el 1 y así sucesivamente, actuando la toma central de retorno, lo que podríamos llamar de polo negativo permanente. El funcionamiento es evidente: cuando el borne A del alternador entrega un medio ciclo positivo, si el borne 1 del secundario S es también positivo, la corriente pasa directa por el diodo (1) y va al borne positivo de la batería, pasa a su través, sale por el borne negativo y va al borne central del transformador. Al medio ciclo siguiente, cuando el borne B es positivo y el borne 2 del transformador es ahora positivo, se aplica al transistor (2), para directo y la corriente va al borne positivo de la batería, fluye a su través, sale por el negativo y va a cerrar el circuito en la conexión central del secundario. Hemos también rectificado los dos medios ciclos de la corriente monofásica, sólo con dos diodos, pero, utilizando un transformador con toma central.

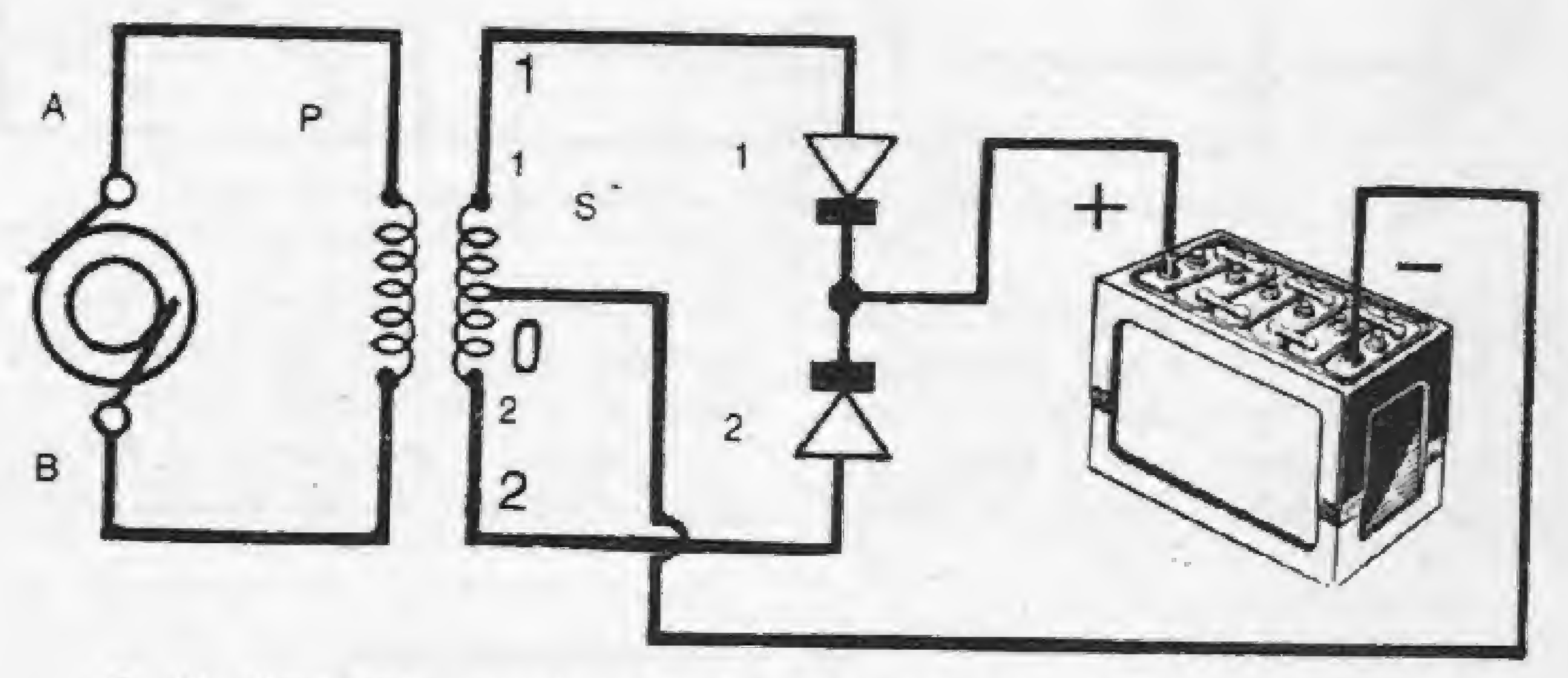


Fig. 15. Rectificador monofásico a diodos con transformador de toma central

b) **Puente Graetz.** Este sistema de rectificación completa de la corriente monofásica se representa en la figura 16. Consideremos que un alternador entrega la corriente a un grupo de 4 diodos, conectados en forma de puente. Es evidente que cuando el borne superior, A, es positivo la corriente fluye a través del diodo (1) y va al borne positivo de la batería, pasa a través de la misma, sale por el polo negativo, pasa directamente por el diodo (2) y cierra finalmente el circuito en el borne B del generador monofásico, que, en ese instante, es negativo. En estas condiciones, la batería se carga durante el medio ciclo que hemos considerado.

Supongamos ahora que el alternador inicia el medio ciclo siguiente, y, por lo tanto, el borne B ahora será positivo y el A negativo. La corriente es conducida al nudo C y pasa, directamente, por el diodo (3); va al borne positivo de la batería, pasa a su través, sale del polo negativo, llega al nudo D, pasa, directo, a través del diodo (4) y cierra finalmente el circuito en el borne A del alternador. Hemos cargado a la batería en el medio ciclo siguiente y por lo tanto, gracias a este puente, llamado de Graetz, se obtiene la rectificación completa de una corriente monofásica.

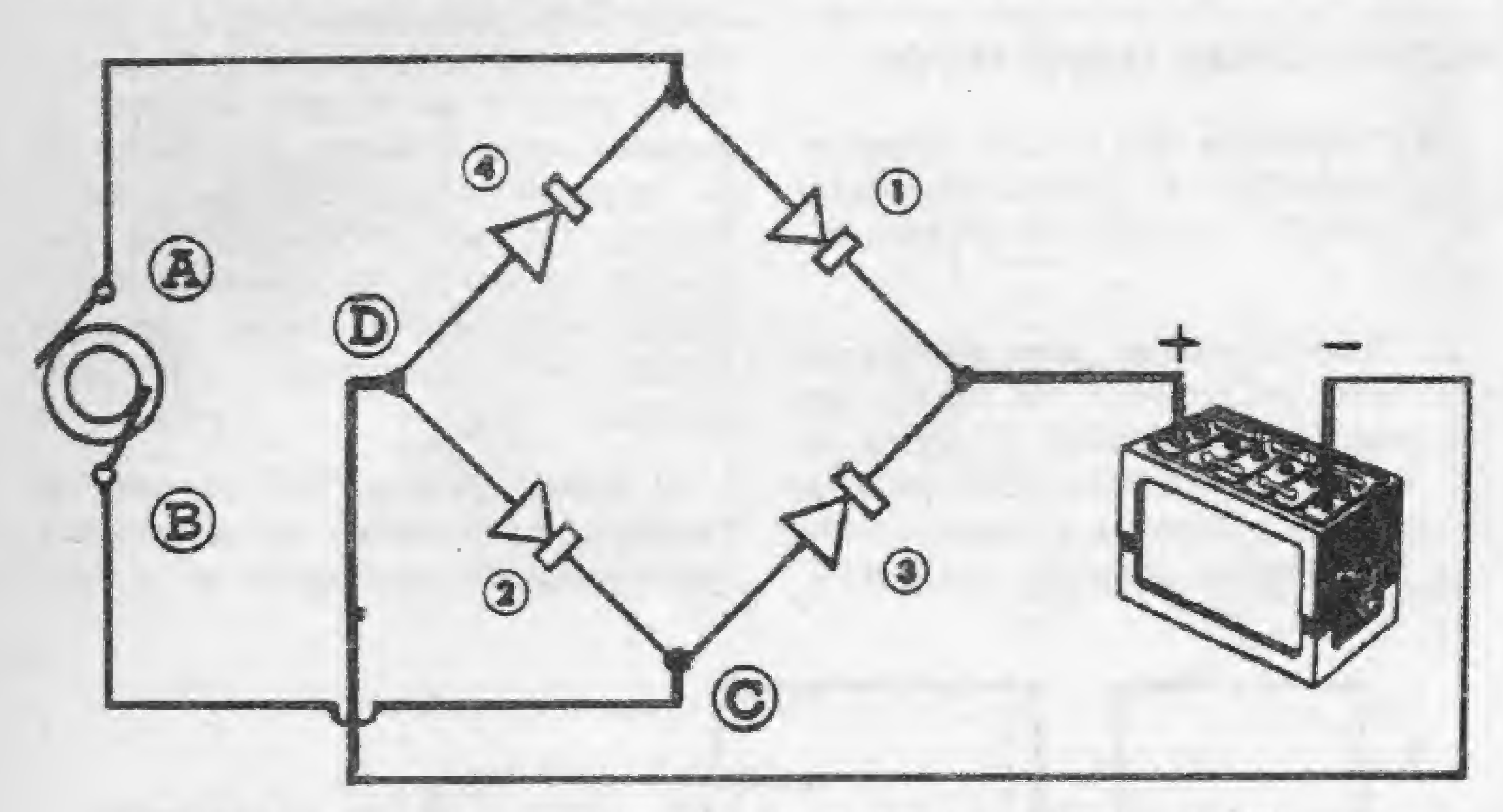


Fig. 16. Rectificador monofásico a diodos conectado en "Puente de Graetz".

RECTIFICADORES TRIFASICOS

Son los empleados para rectificar la corriente que producen los alternadores instalados en los autovehículos. Como que se emplean dos formas de interconexión de las fases, en estrella y en triángulo, indicamos la forma de conectar los diodos, positivos y negativos, en los dos casos mencionados.

La figura 17 representa el esquema de la conexión de los diodos cuando

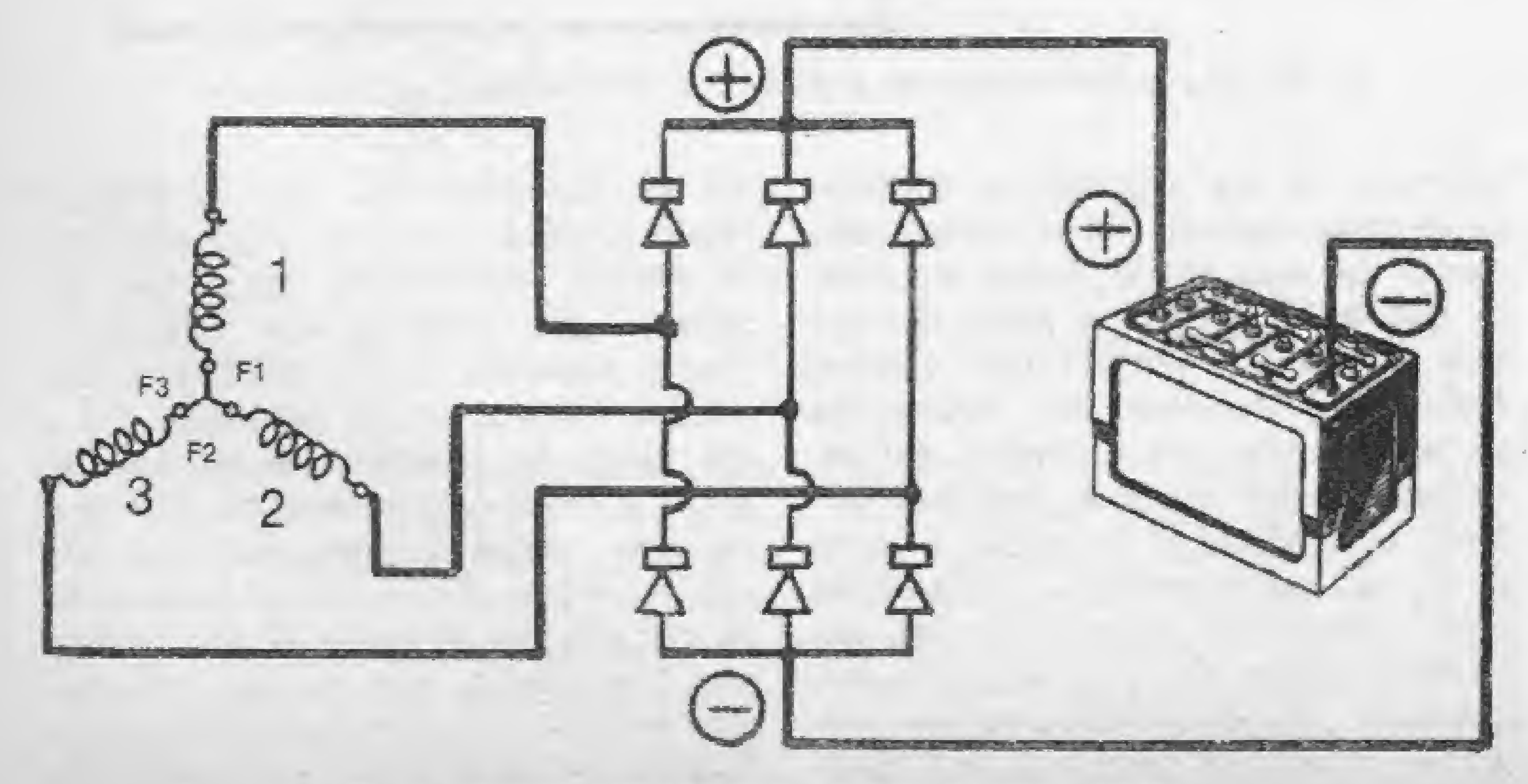


Fig. 17. Rectificador trifásico en "estrella" con diodos.

las tres fases están conectadas en estrella. Los dos diodos para cada fase están conectados en serie, siendo los tres directos, dibujados en la parte superior, que dejan pasar los medios ciclos positivos, mientras que los diodos negativos, representados en la parte inferior, sirven de retorno y por consiguiente, son los negativos.

La figura 18 es el esquema de la forma de conectar los diodos para rectificar las tres fases cuando el alternador está conectado en triángulo. Observamos que la actuación de las medias fases, positiva y negativa, se aplican a los diodos positivos y negativos, viéndose así más claramente representados los circuitos de carga, diodos positivos, que entregan los medios ciclos a la batería, y los circuitos de retorno, a través de los diodos negativos.

Como que el silicio es el cuerpo generalmente usado para construir los diodos empleados en los automóviles, se los denomina diodos de silicio, y, vulgarmente, silicones. La preferencia de su uso radica en que pueden resistir temperaturas de hasta unos 150°, mientras que los diodos de germanio dejan de funcionar debidamente a los 65° solamente, temperatura fácilmente alcanzable en el recinto del motor de un coche que es donde generalmente están instalados.

En resumen, los diodos pueden utilizarse como rectificadores de la corriénte alterna y, también, como interruptor en un circuito de corriente continua cuando se invierte el sentido de la corriente, como en el caso de las dínamos en los autos, cuando el motor funciona a pocas revoluciones; entonces la batería llega a tener un voltaje superior al que genera la dínamo. Para evitar que la batería se descargue sobre la dínamo se utiliza el disyuntor, que lo impide, abriendo el circuito. Pues bien, el diodo sirve perfectamente para sustituir el disyuntor, y cumple esta misión perfectamente, sin circuitos suplementarios ni interruptores, contactos, etc., que son causas de averías y frecuentes ajustes.

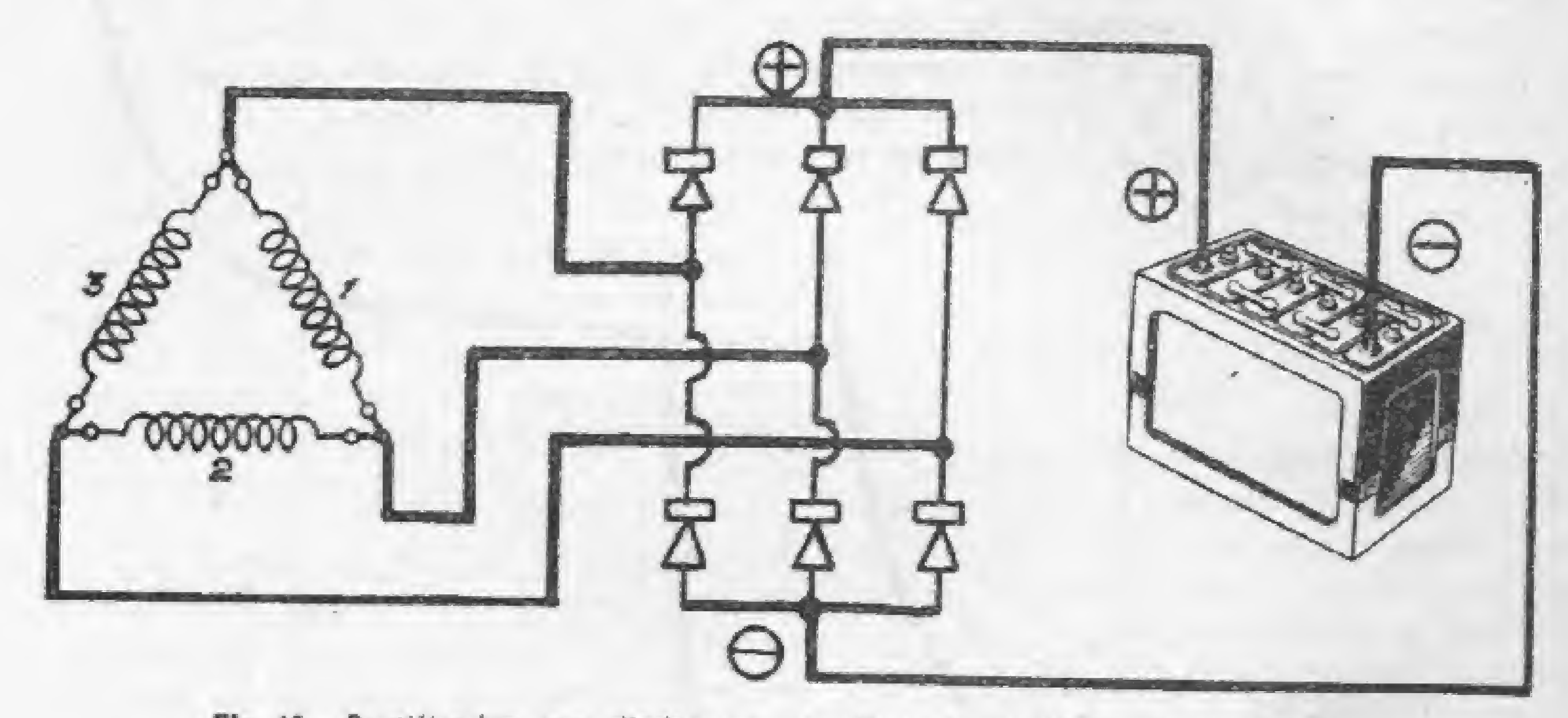


Fig. 18. Rectificador con diodos en un alternador trifásico a "triángulo".

DIODOS ESPECIALES

Hasta ahora hemos estudiado lo que podríamos denominar el diodo común, cuyas diversas aplicaciones se han presentado. No obstante, existen otros tipos de diodos, especiales, que cumplen otras funciones específicas bien definidas. De estos nuevos diodos estudiaremos tres, que poseen características de funcionamiento distintas de las de los diodos comunes.

Empezaremos por el *diodo Zener*, cuya misión fundamental es servir de regulador de tensión. Luego veremos el *Fotodiodo*, o célula fotoeléctrica,

que convierte las intensidades de luz en corrientes eléctricas proporcionales y, finalmente, estudiaremos el *Termistor*, que es un diodo cuya resistencia varía con la temperatura.

El diodo Zener

Podemos definirlo diciendo que es un diodo montado en sentido inverso, es decir, que funciona en sentido de corriente inversa.

Empecemos por estudiar su curva característica, representada en la figura 19. La parte de la derecha representa el funcionamiento del diodo común, mientras que la de la izquierda indica el valor de la intensidad que pasa a través del diodo cuando se le

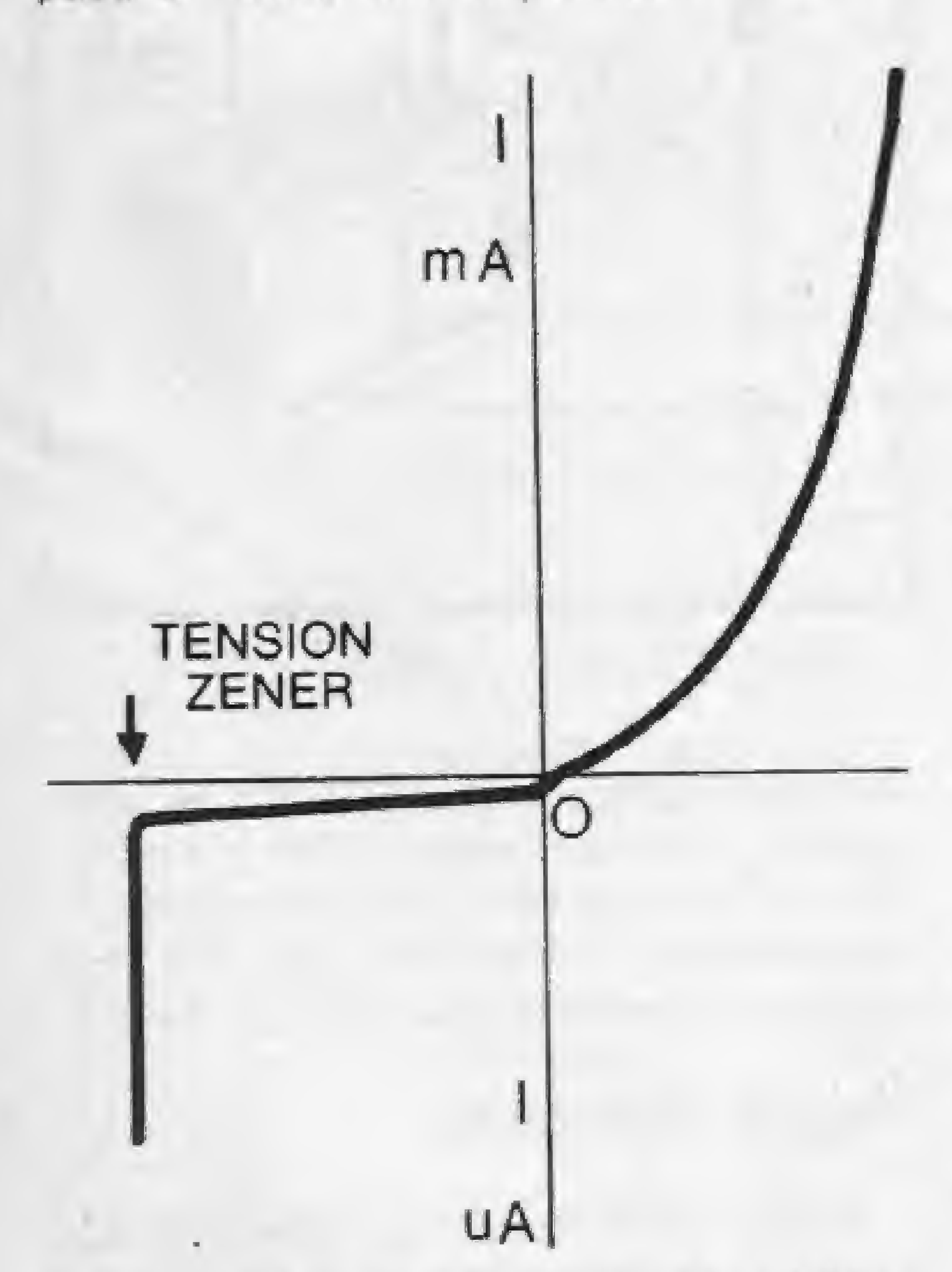


Fig. 19. Aspecto general de las características del diodo Zener.

aplica una tensión inversa: observamos que el valor de la intensidad es muy reducida, de millonésimas de amperio, permaneciendo casi constante aunque varíe la tensión aplicada, pero, al llegar a un determinado valor de la tensión, denominada tensión de Zener, la corriente inversa aumenta rápidamente adquiriendo valores que, si se sobrepasan, inutilizan el diodo.

El punto en que empieza a manifestarse el "codo" depende exclusivamente de la composición del diodo, en el dosaje de sus impurezas; puede producirse a los pocos voltios (y hasta una fracción de voltio) y a unos 200 voltios en los diodos de silicio. Entonces se produce una especie de estabilización (fig. 20), entre las tensiones U_1 y U_2 (siendo U_1 la tensión de Zener), que corresponden a las in-

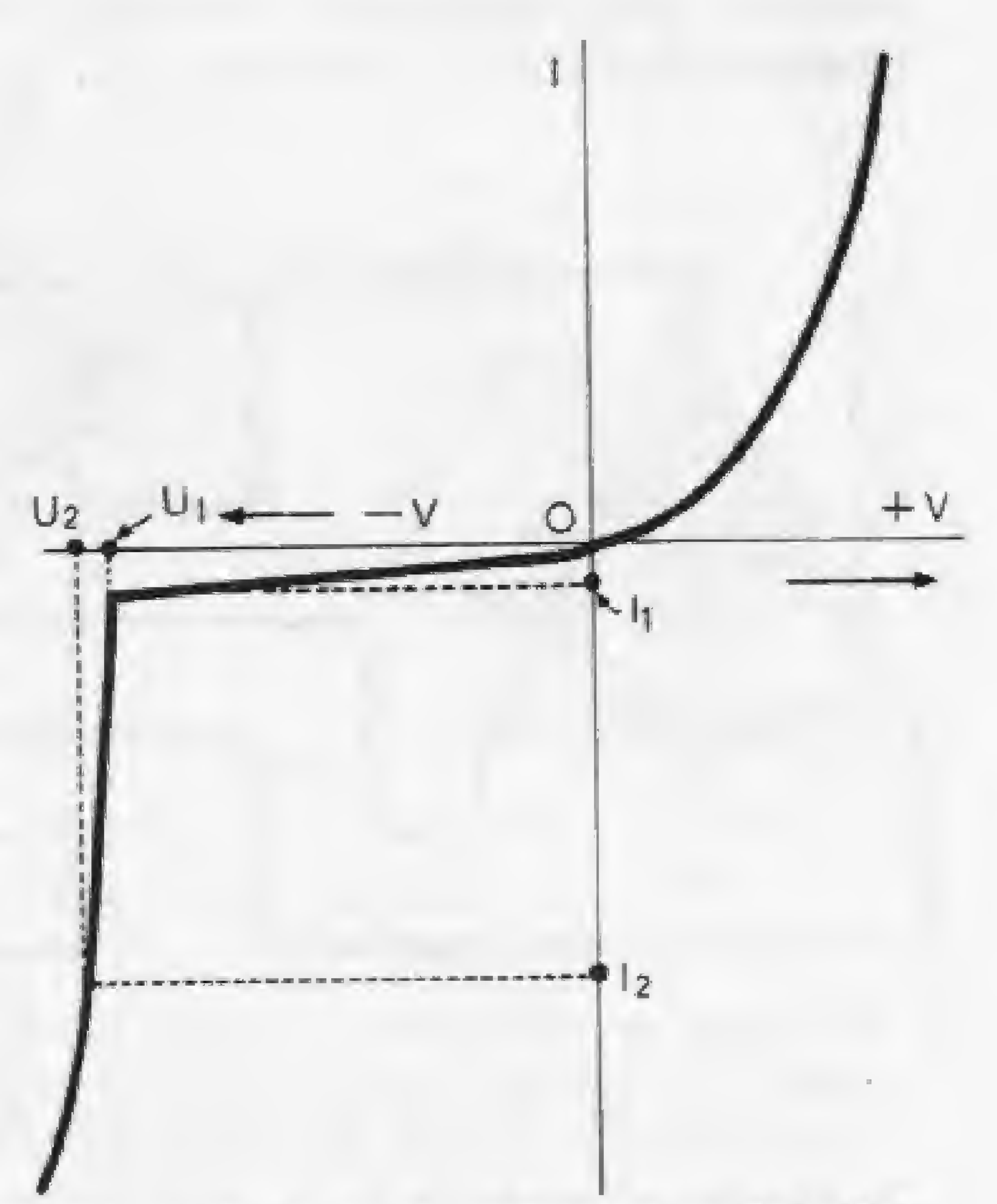


Fig. 20. Detalle de la característica del diodo Zener

tensidades I_1 e I_2. Los valores entre U_1 y U_2 pueden tener una diferencia de unos 5 voltios, pasando cuyo valor, de U_2, se produce lo que se denomina la "avalancha", sin control, y de efectos destructivos para el diodo.

Todo el secreto de utilizar los diodos Zener en los dispositivos electrónicos consiste en actuar entre los valores U_1 y U_2 para obtener variaciones de corriente, entre los valores I_1 e I_2, que pueden actuar en el control de un determinado circuito. Esta aplicación la tenemos en los Reguladores Electrónicos, etc.

Podemos hacer una comparación entre el funcionamiento del diodo común y el diodo Zener. El diodo común actúa como una *válvula*, de sentido di-

recto, que deja pasar la corriente en valores proporcionales a la tensión eléctrica que en ella actúa, mientras que el diodo Zener podemos compararlo a una *válvula de seguridad*, que actúa en sentido inverso, impidiendo que pase la corriente hasta que la tensión ha adquirido un determinado valor crítico, a partir del cual pasa la corriente, permaneciendo casi constante la tensión, siempre que ésta se mantenga entre los valores de seguridad correspondientes.

El diodo Zener se representa simbólicamente de diversas maneras, indicando tres formas distintas en la figura 21. Conviene memorizarlas porque no hay un criterio determinado, usándose indiferentemente en los libros y revistas especializados.

En Electrónica Industrial tiene muchas aplicaciones el diodo Zener. Ahora veremos tres de ellas empleadas en las instalaciones de los automóviles modernos.

1) *Estabilización de la tensión.* Si en los bornes A y B disponemos de una fuente de corriente continua, de valor V (voltios) que puede fluctuar entre los valores de V_1 y V_2 deseando tener en los bornes de salida E y F una tensión lo más estabilizada posible, podemos obtener este resultado aprovechando las propiedades del diodo Zener en la forma indicada en la figura 22.

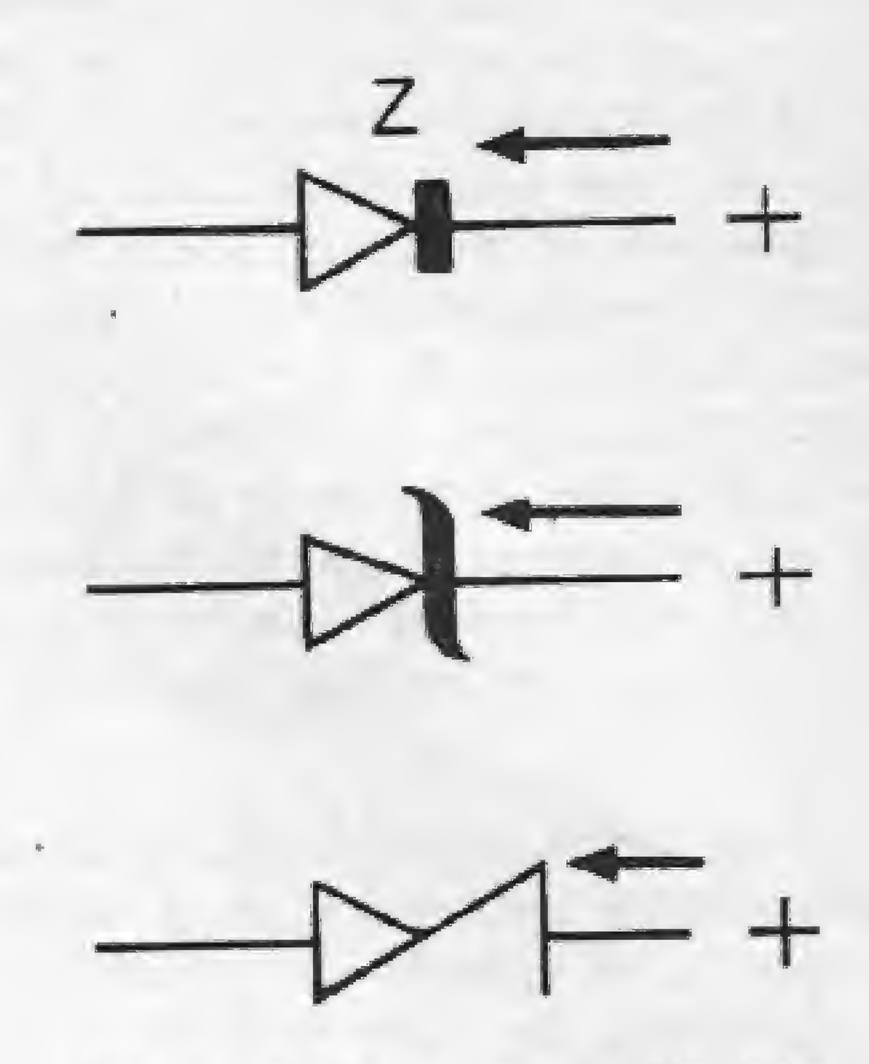


Fig. 21. Símbolos empleados para representar al diodo Zener.

La solución del problema la tenemos observando el gráfico de la figura 19. Se trata de que el diodo Zener funcione entre los valores U_1 y U_2 cuando la tensión entre los bornes A y B varíe. Mientras la tensión es inferior a la de la tensión de rotura, las fluctuaciones se equilibran por la acción de la resistencia R pues al aumentar

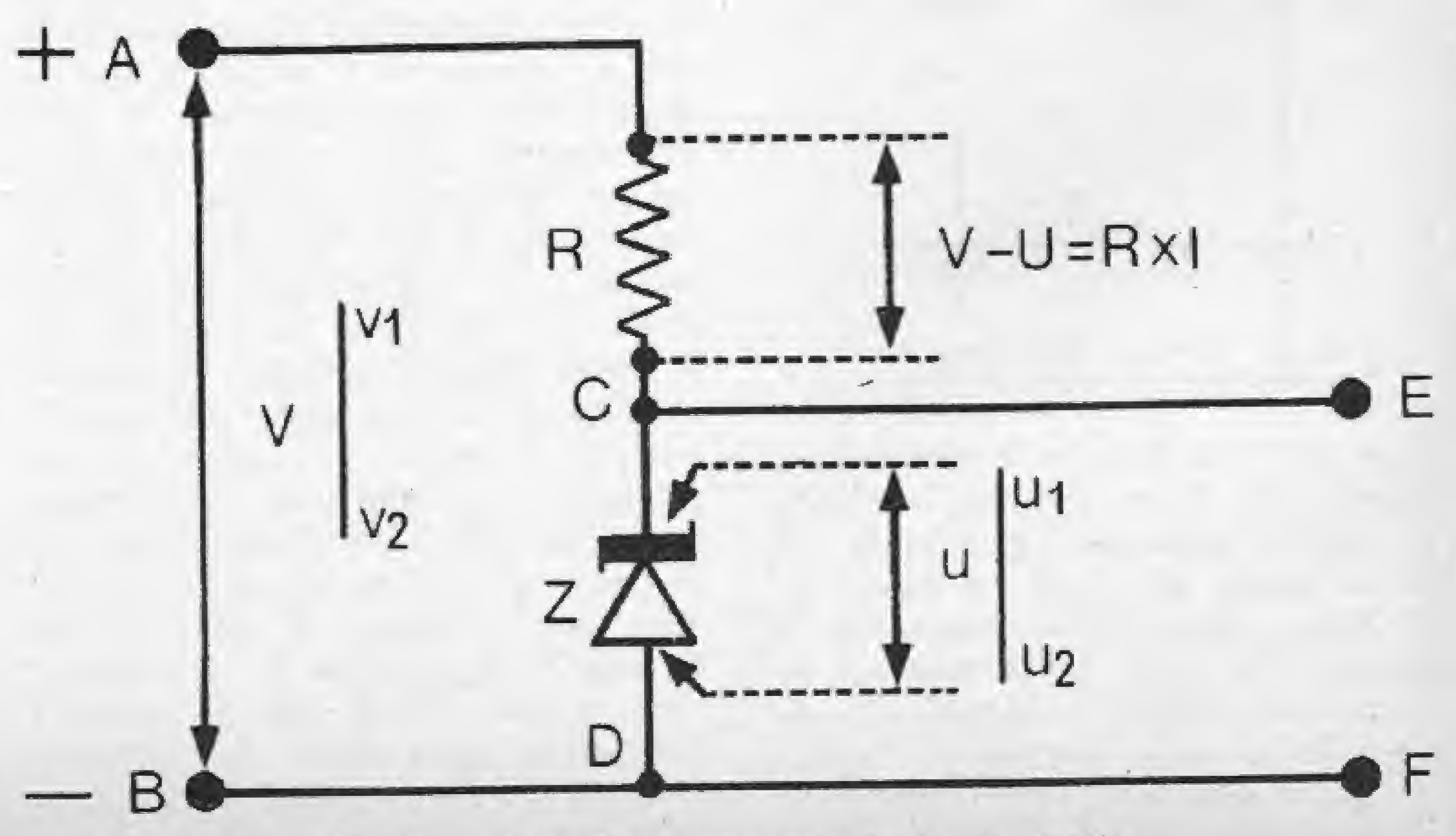


Fig. 22. El diodo Zener como estabilizador de tensión.

la intensidad, I, produce una caída de tensión, R × I = v, de tal magnitud que V − v permanece aproximadamente constante, ocurriendo lo contrario al disminuir la intensidad. En cambio, un aumento de la tensión en los bornes A y B, que sobrepase el valor asignado (que sería el valor de U_I en la figura 20) produce un paso de corriente a través del Zener, y por lo tanto, también de R, que podrá estar comprendido entre los valores I_1 e I_2, que ocasionarán una caída de tensión que se restará a la de los bornes A y B, obteniéndose así una tensión estabilizada en los bornes de salida E y F.

2) *Regulador de máxima.* Ocurre en determinados circuitos que es necesario regular la tensión de manera que no sobrepase un valor definido. Este problema lo resuelve el diodo Zener, utilizando la disposición de la figura 23. Mientras la tensión se mantiene

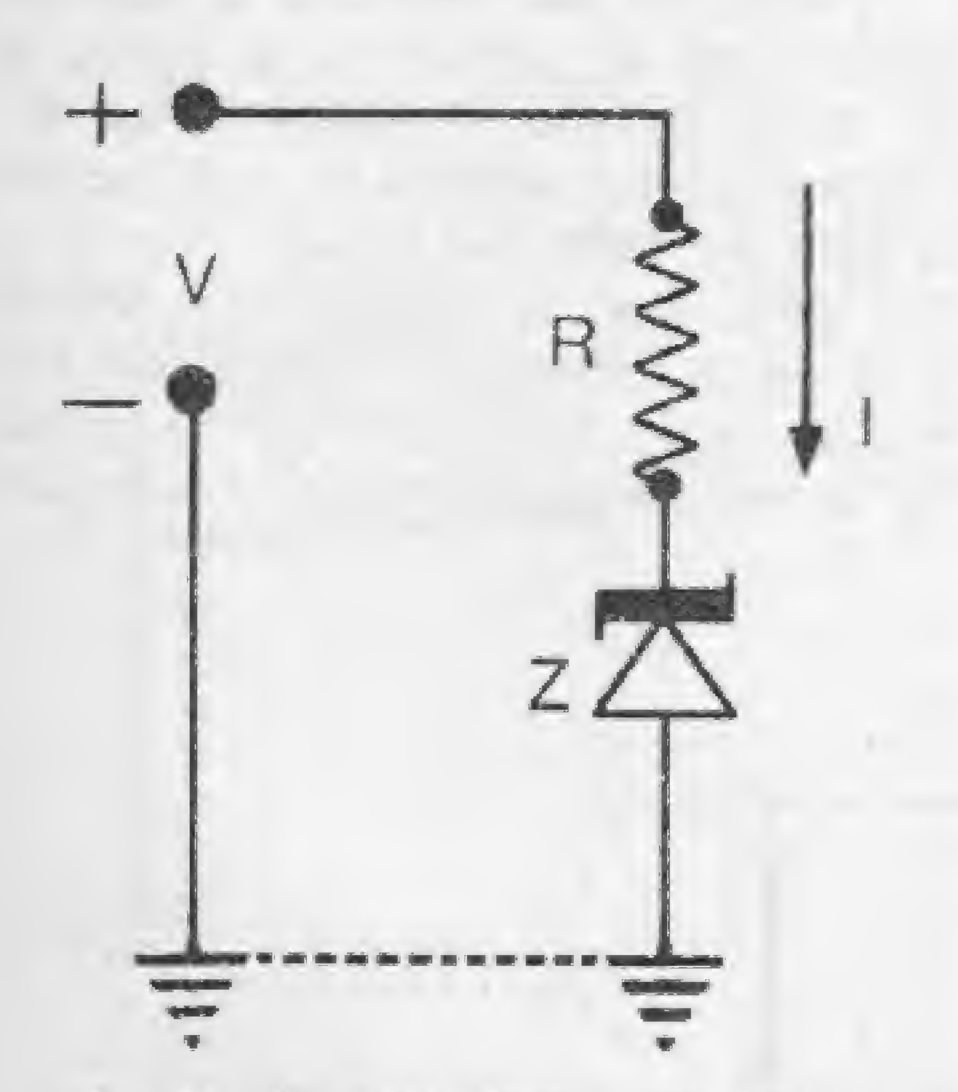


Fig. 23. El diodo Zener como limitador de intensidad máxima.

a un valor de tensión V inferior a la ruptura del Zener, no pasa corriente; en cuanto sobrepasa este valor (U_I de la figura 20) pasa corriente por el Zener, ocasionando una caída de tensión R × I que contrarresta el aumento de tensión manteniendo así siempre un valor máximo de tensión V. Las figuras 23 y 24 representan los dos casos.

Esta disposición es usada en los reguladores de tensión de las dínamos y los alternadores, etc.

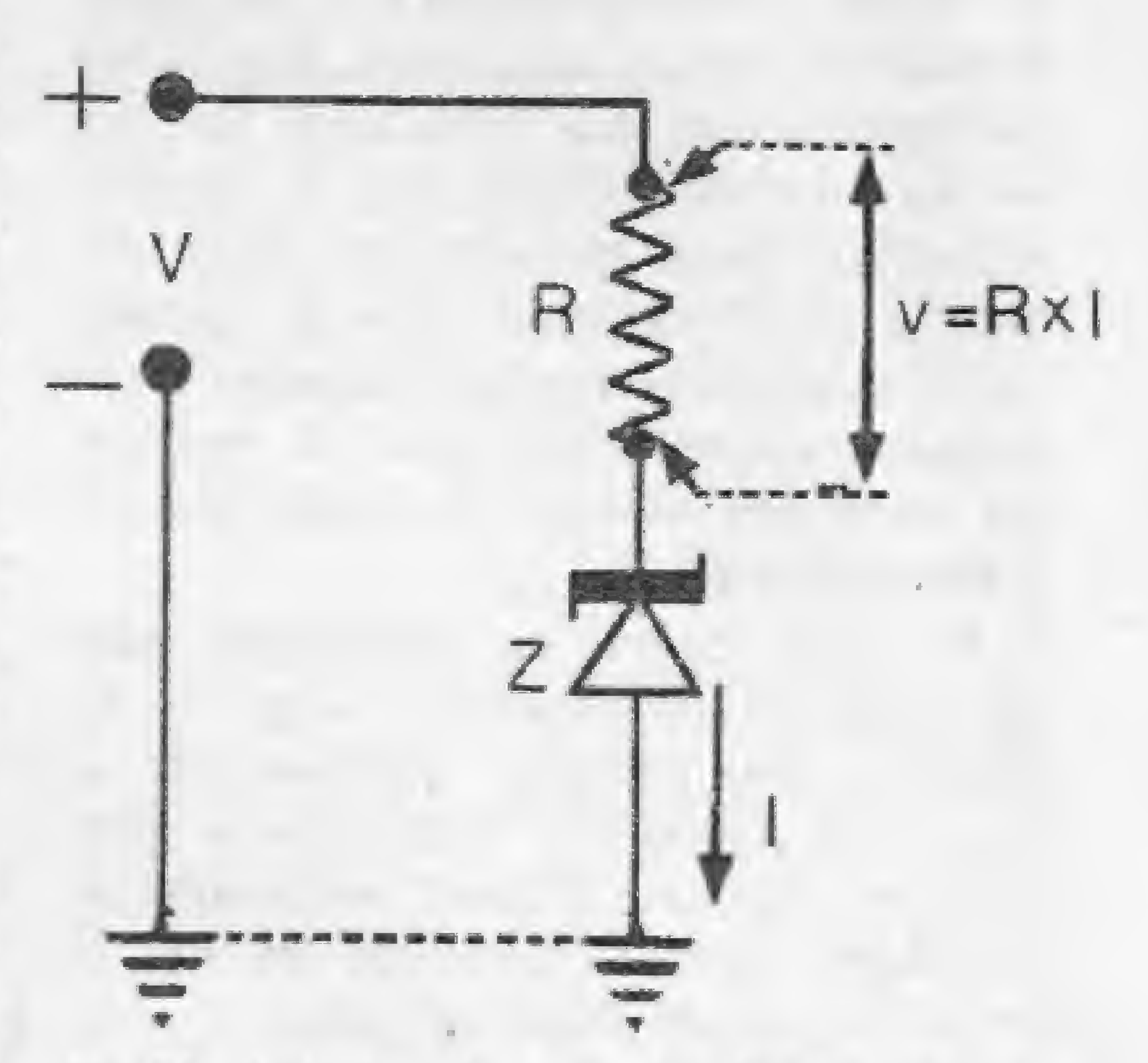


Fig. 24. Cálculos de v en los bornes del resistor R.

3) *Válvulas de seguridad.* Cuando hay que proteger un determinado instrumento, o parte de circuito, de las sobretensiones, el diodo Zener cumple satisfactoriamente esta condición. Supongamos (fig. 25), que A es un instrumento por el cual pasa una corriente de intensidad I, de un determinado valor, bajo una tensión V. Mientras la tensión es normal, pasa la corriente a través de la resistencia R y del instrumento A, sin derivarse por el circuito C D debido a que el diodo Zener está conectado en sentido inverso, pero, no obstante si el valor de la tensión V sobrepasa el valor permisible, lo que ocasionaría el desperfecto del instrumento por producirse una intensidad de corriente demasiado elevada, entonces la presión eléctrica se aplica desde el borne C, pasando a través del Zener, lo que produce un abrupto paso de corriente i, pasando ahora por R una intensidad mayor, que ocasiona una caída de tensión que restablece el valor normal. En cuanto el valor de V es restablecido, el diodo Zener deja de actuar y todo sigue funcionando normalmente.

Otras aplicaciones de regulación y protección mediante el diodo Zener

se explicarán después de haber estudiado el Transistor, en el próximo capítulo.

El fotodiodo

Es la conocida célula fotoeléctrica. Es un diodo sensible a la luz por cuyo motivo también se lo denomina diodo fotosensible.

Esencialmente consiste en un recipiente cerrado, por el cual sólo penetra la luz por un pequeño orificio, dentro del cual se coloca el diodo de tal forma que cuando la luz incide sobre la superficie de germanio se desprende una unidad eléctrón-laguna que ocasiona la conducción. Por consiguiente, si conectamos un fotodiodo con tensión inversa (fig. 26), pasará una corriente que dependerá de la intensidad lumínica, cuyos valores y forma de dependencia se indican en la misma figura. El símbolo representado es bastante empleado.

El fotodiodo tiene muchas aplicaciones, especialmente en la automatización de máquinas herramientas que, al obstruirse un rayo de luz por el avance de ciertos órganos de la máquina, hacen entrar en acción determinado mecanismo que la detiene, invierte la marcha, etc. En la ignición electrónica tenemos una intere-

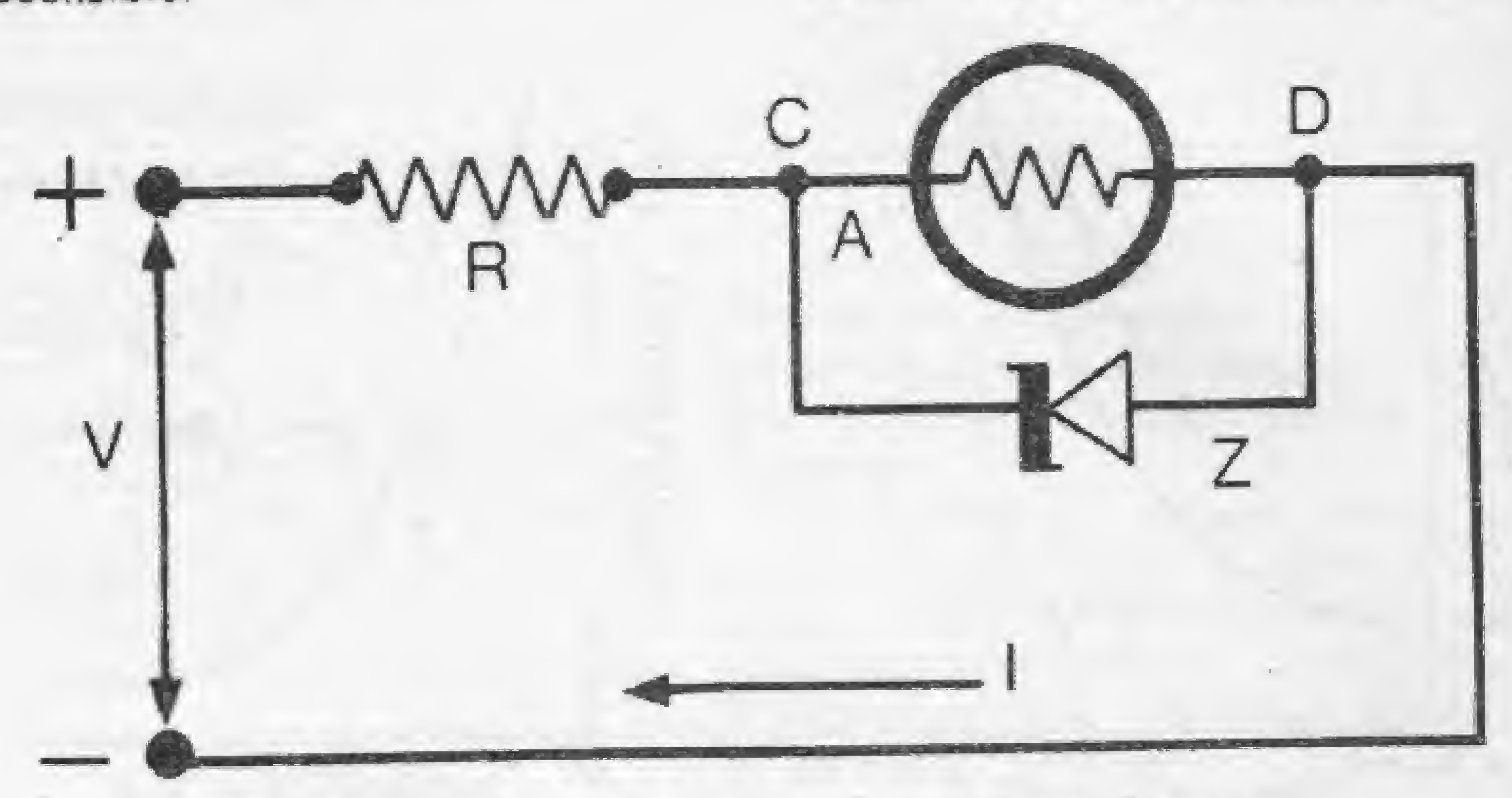


Fig. 25. El diodo Zener utilizado como válvula de seguridad.

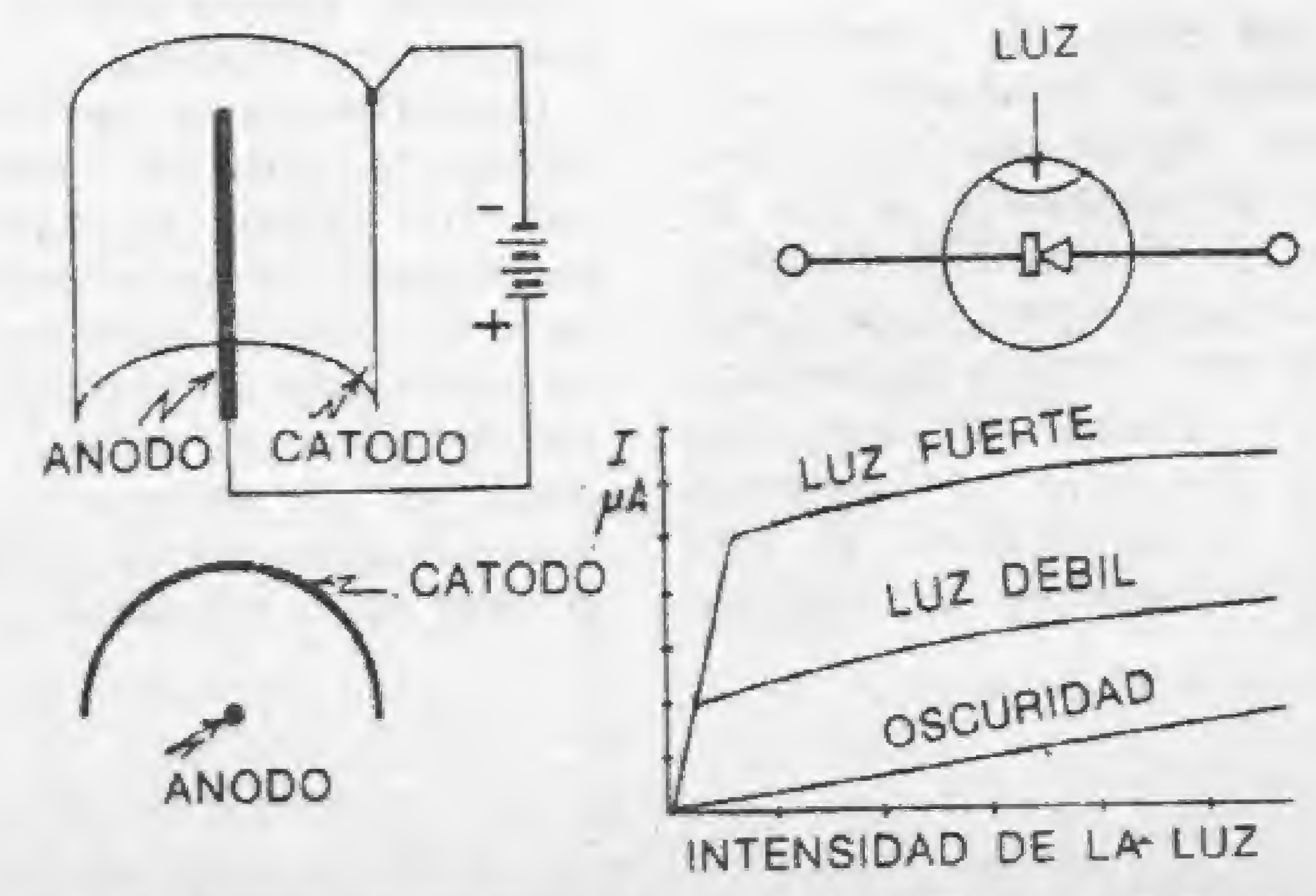


Fig. 26. Aspecto esquemático de una célula fotoeléctrica, símbolo para representarla y curvas de las características de su funcionamiento.

sante aplicación del fotodiodo, que se representa en las figuras 71 y 72.

El termistor

Es un diodo sensible a las variaciones de temperatura. Convierte las diferencias de temperatura de un recinto, conductor, etc., en variaciones de corriente eléctrica proporcionales.

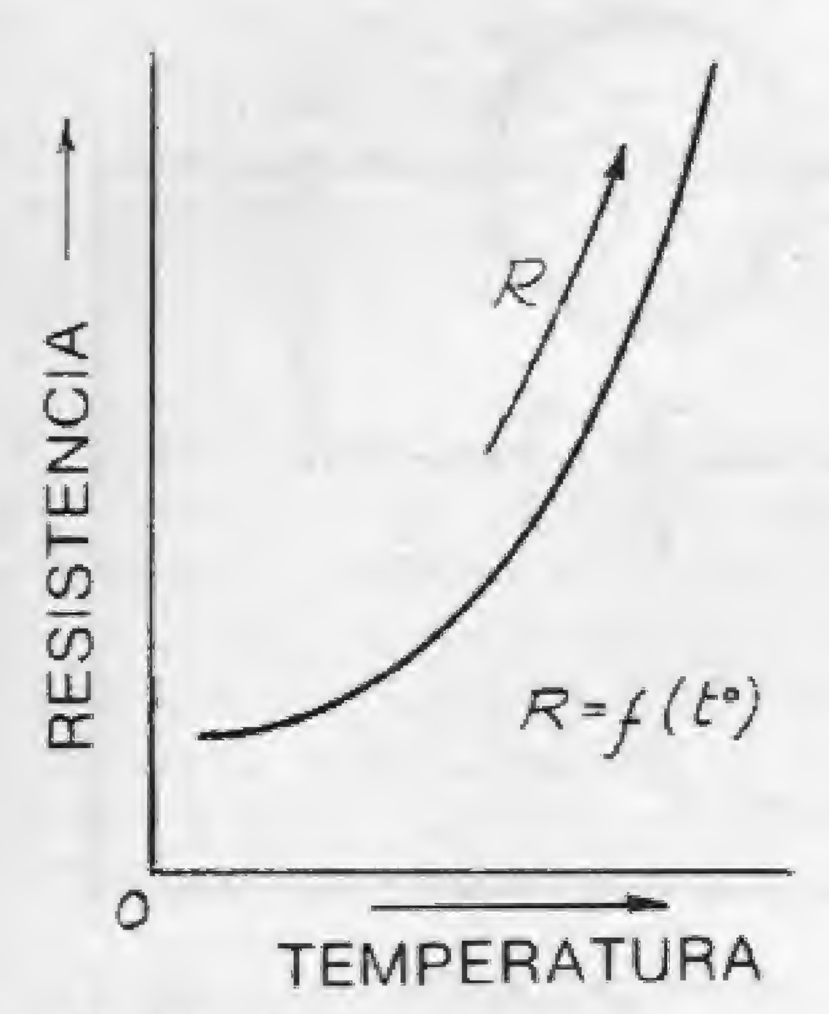


Fig. 27. Característica de un termistor PTC cuya resistencia aumenta directamente con la temperatura.

lo cual permite utilizarlas para actuar sobre dispositivos de regulación, o transformar un miliamperímetro en medidor de temperaturas, puesto que existe una relación entre ambos efectos.

Existen dos clases de termistores. Unos aumentan su resistencia cuando se calientan; tienen un coeficiente positivo de temperatura y se los designa como termistores PTC (Positive Temperature Coefficient), representando la figura 27, la curva representativa de esta variación. El otro tipo de termistor disminuye su resistencia al aumentar la temperatura; su coeficiente de temperatura es negativo y se los denomina termistores NTC (Negative Temperature Coefficient), cuya curva de variación se indica en la figura 28, con el símbolo generalmente utilizado.

Las aplicaciones de este diodo son numerosas. Se emplea en la regulación de la intensidad y la tensión en los reguladores; los veremos en numerosos casos en los sistemas electrónicos de ignición; en todos los casos que se quiere gobernar un mecanismo eléctrico cuyo funcionamiento varíe con la temperatura; protegerlo cuando su sensibilidad al calor puede deteriorarlo, etcétera.

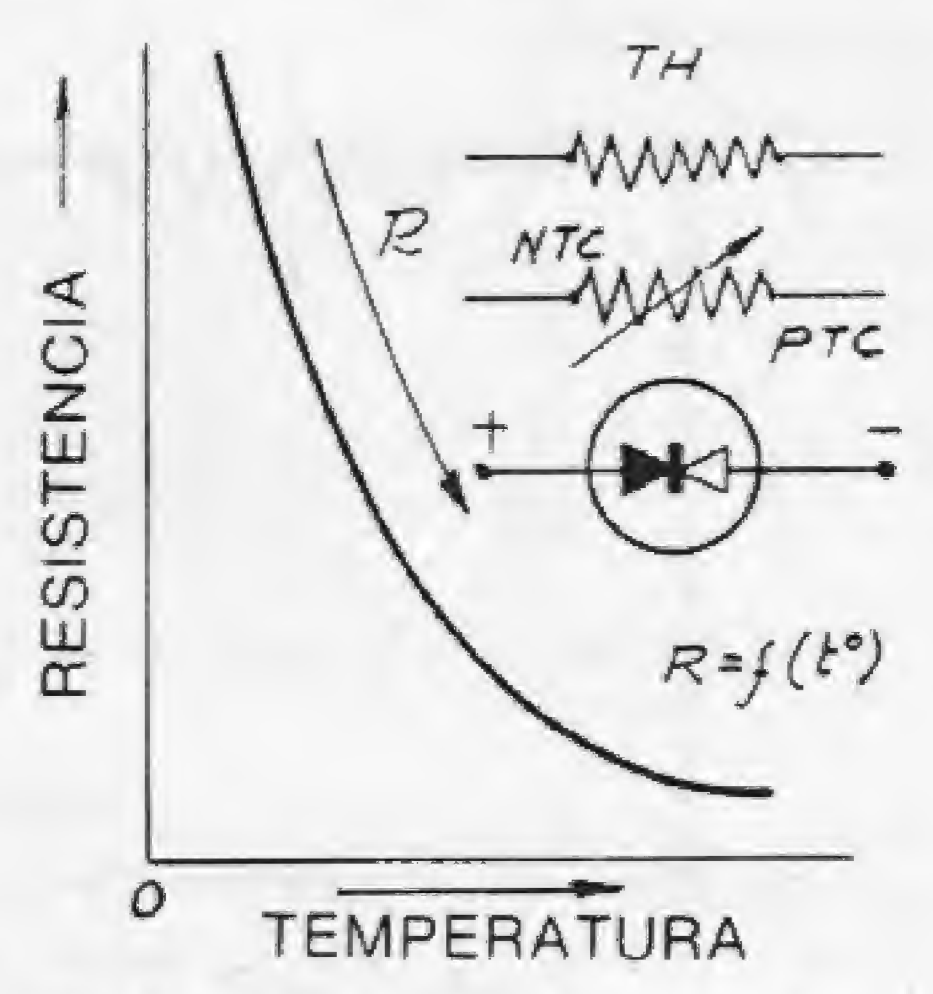


Fig. 28. Curva representativa de cómo varía la resistencia de un termistor NTC cuya resistencia disminuye al aumentar la temperatura. Símbolos empleados para representar los termistores.

Generalmente se los designa con el nombre de "resistor", empleándose el tipo PTC cuando es necesario evitar un aumento de la intensidad en una parte de circuito, mientras que el NTC se utiliza para contrarrestar los efectos de caída de tensión, por el aumento de la resistencia de los circuitos al aumentar su temperatura por el paso de la corriente.

Capítulo III

TRANSISTORES

Definiciones

Los transistores se componen de la unión de tres semiconductores, pudiendo ser del tipo PNP o del NPN. En el tipo PNP (fig. 29), dos semiconductores de germanio, o de silicio, del tipo P tienen interpuesto otro del tipo

COLECTOR
BASE
P
N
REGULADOR
P
EMISOR

Fig. 29. Representación esquemática de los componentes de un transistor.

N. El semiconductor superior, de conductividad P, se llama "colector", el intermedio, del tipo N, se denomina "base" y el semiconductor inferior, del tipo P, "emisor". La figura 30 representa la forma que acostumbra a representárselos.

El nombre de transistor, dado al conjunto de estos tres elementos, está formado por la contracción de dos palabras inglesas: TRANSferreSISTOR, que significan "Transferencia de Resistencia".

Para quienes ya conocen la teoría del funcionamiento de la válvula electrónica verán una cierta similitud entre el funcionamiento del transistor y la válvula de tres electrodos empleada en radio. La figura 31 representa una válvula triodo, que tiene las si-

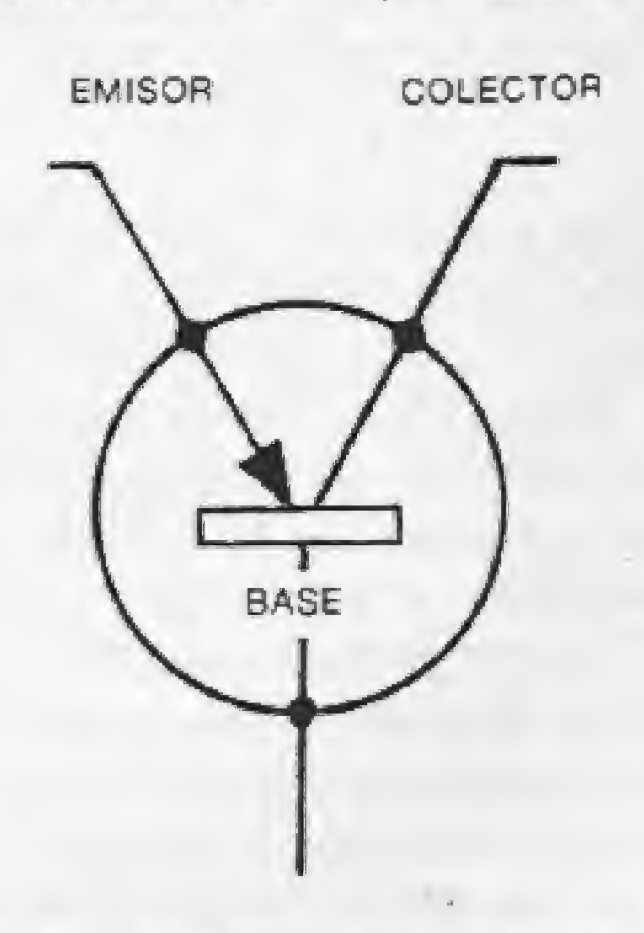


Fig. 30. Esquema representativo de un transistor y sus tres elementos fundamentales.

guientes equivalencias con el transistor: El emisor del transistor equivale al filamento (cátodo) de la válvula; la base del transistor, interpuesta entre el emisor y el colector, es comparable a la rejilla de una triodo, cuya misión es gobernar el paso de cargas que emanan del cátodo y son atraídas por la placa de la válvula y que, en

el transistor regulan el paso de las cargas eléctricas que fluyendo del emisor son atraídas por el colector; finalmente, el colector del transistor es comparable a la placa de una triodo. Aunque estas comparaciones sólo son aproximadas, permiten tener una idea del funcionamiento del transistor, que ahora vamos a explicar, sucintamente, basados en la teoría de los semiconductores.

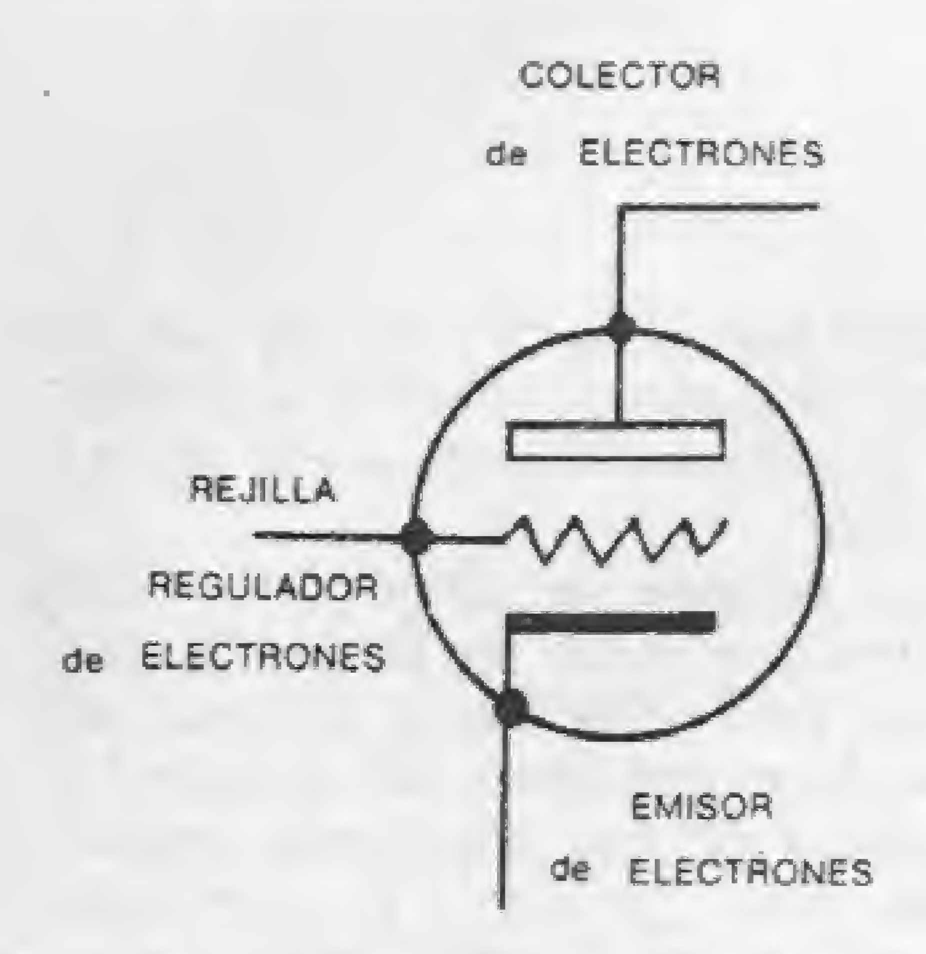


Fig. 31. Esquema de una válvula triodo, para comparar su funcionamiento con los transistores.

Hay dos clases de transistores, que se definen como positivos y negativos. Es necesario tener conocimientos claros de saber cómo funcionan, puesto que hay marcas de automóviles que tienen el positivo de la batería conectado al chasis y en cambio hay otros coches que tienen el negativo. Ahora bien, como que las conexiones de las tensiones de polarización y de la señal de mando de un transistor dependen de si es del tipo PNP, o NPN, debemos empezar por explicar cómo funcionan para así saber la forma de conectarlos correctamente, puesto que un error en este sentido, los inutiliza.

Cómo funciona el transistor

Consideraremos ahora la teoría del funcionamiento de los transistores, de los dos tipos, desde un punto de vista de aplicación práctica.

Transistor NPN. Se compone de 3 elementos, dispuestos según se representa en la figura 32. El emisor es del tipo N, la base del P y el colector del tipo N. Recordemos que los semiconductores del tipo N emiten electrones, mientras que los del tipo P entregan lagunas.

En cuanto se cierran los circuitos, el emisor N entrega electrones a la base, que los atrae por estar polari-

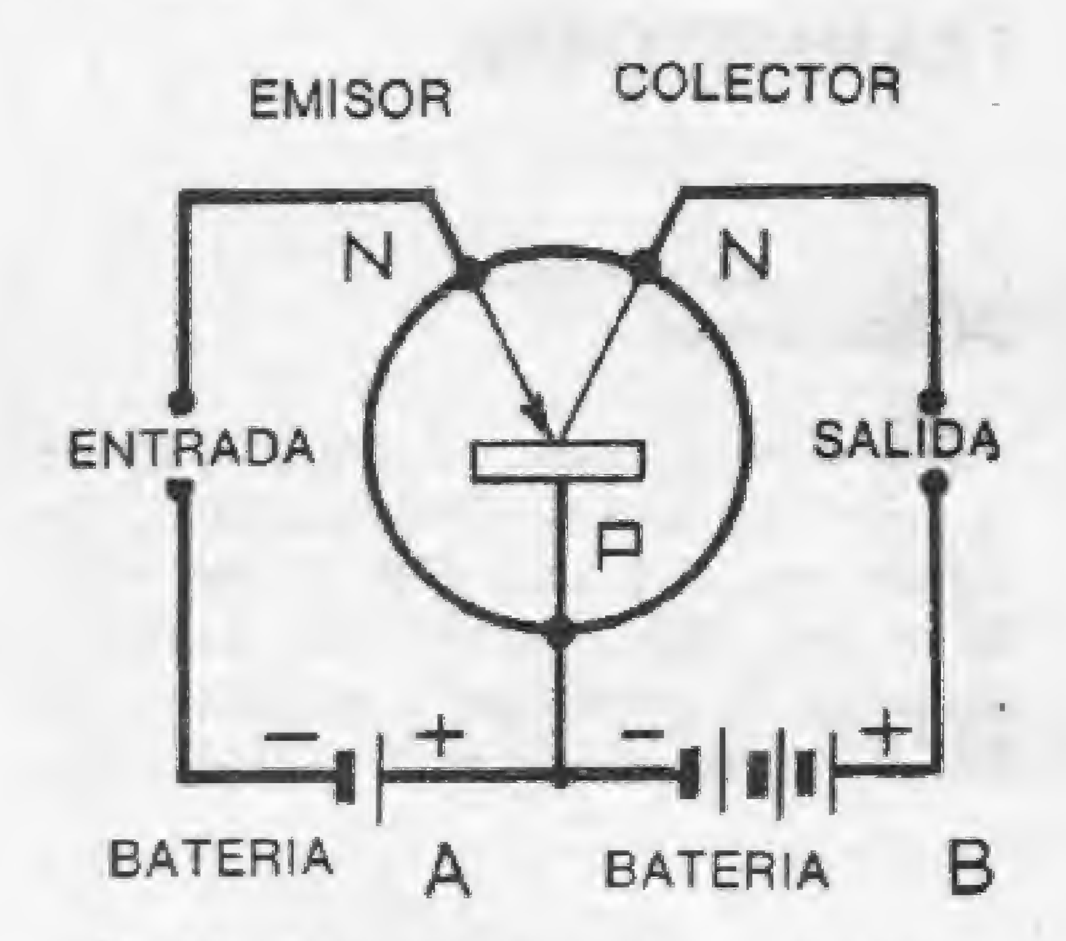


Fig. 32. Representación de un transistor NPN con las baterías y donde se conectan los circuitos de entrada y salida.

zada positivamente, interviniendo ahora un fenómeno muy curioso: los electrones captados por la base (que es muy delgada, unas 3 milésimas de milímetro) en su mayoría pasan a través de esta especie de finísima película, atraídos por el fuerte campo positivo del colector, producido por la batería B, llamada batería de polarización del colector.

Es evidente que no todos los electrones que entrega el emisor son absorbidos por el colector; algunos se combinan con lagunas (positivas) de la base, pero esto es en la proporción del 1 al 2 % solamente, que son perdidos para los fines del funcionamiento del transistor: si todos los electrones que fluyen del emisor llegasen al colector, el rendimiento del transistor será del 100 %, pero, debido a estas ínfimas pérdidas, es sólo del 98 al 99 %. No obstante, esta pequeña pérdida tiene gran importancia puesto

que se transforma en calor, que es el gran enemigo del transistor.

Tal como indica el esquema la señal se aplica en serie entre el emisor y el negativo de la batería de polarización; la señal de salida, una vez amplificada, se recibe en la resistencia que representa la carga del transistor.

Transistor PNP. Funciona en una forma similar a la ya descrita para el tipo NPN, invirtiendo la disposición de las polaridades de las baterías.

Un transistor tipo PNP se representa esquemáticamente en la figura 33, pudiendo observar que la polarización

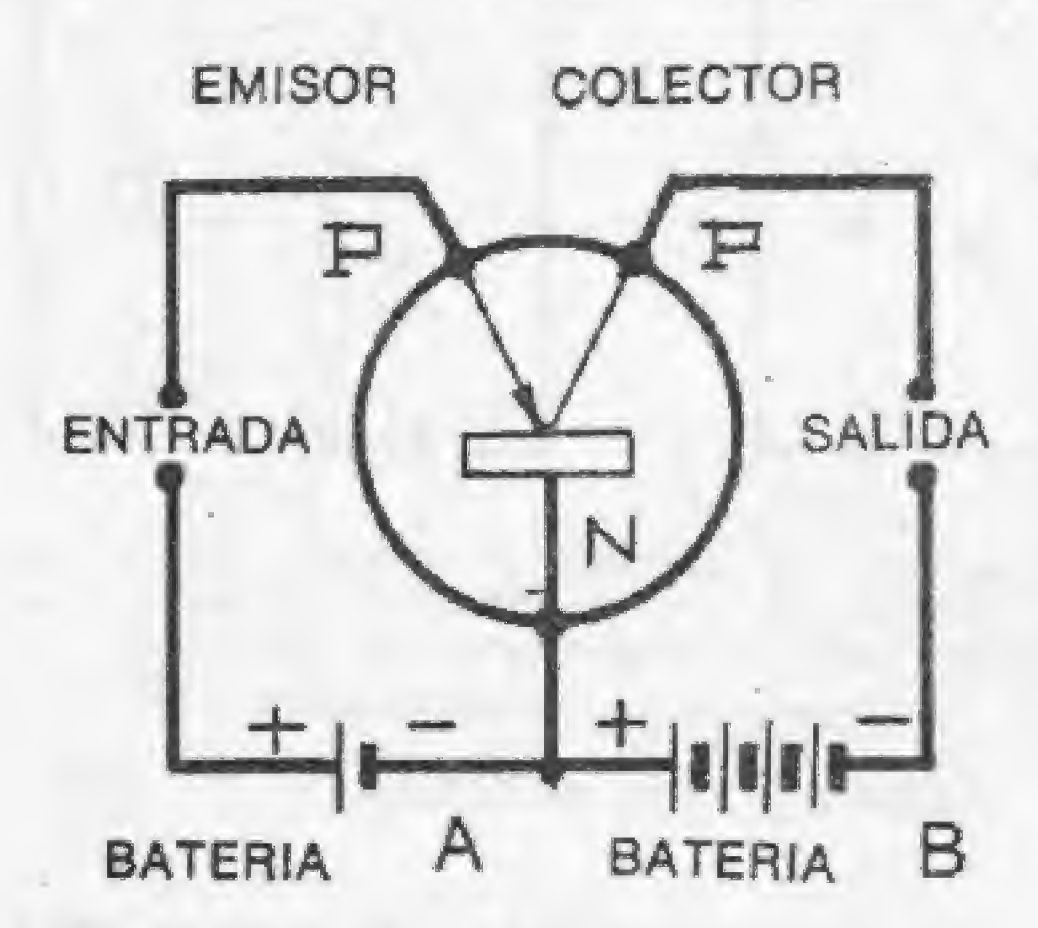


Fig. 33 Transistor PNP con las polaridades correspondientes de las baterías.

del emisor es positiva mientras que la del colector es negativa. Por consiguiente, el emisor introduce lagunas (positivas) en la base y, siendo ésta del tipo negativo las atrae, pero, como que el colector está polarizado con un campo negativo muy fuerte, producido por la batería correspondiente, resulta que la mayoría de lagunas atraviesan la base (debido a que ésta está formada por una delgadísima película de pocas milésimas de milímetro de espesor) llegando así a la superficie de contacto base-colector, incorporándose a la corriente del colector.

El transistor tipo PNP tiene un rendimiento similar al tipo NPN, es decir, de un 98 %, debido a que algunas "lagunas" se combinan con electrones de la base, perdiéndose desde el punto de vista del rendimiento del transistor. La forma de inyectar la señal y de recogerla, amplificada, en el circuito del colector, es idéntica en los tipos de transistores, NPN y PNP.

En resumen: el transistor tiene la característica fundamental de que es un amplificador de intensidad, funciona sin inercia ni piezas en movimiento, y es de dimensiones y peso muy reducido. Tiene como inconvenientes que no deben sobrepasarse determinadas temperaturas ni las tensiones para las cuales están construidos, ni invertir las polaridades de los generadores de polarización.

Demostración práctica

Apliquemos los conocimientos descritos anteriormente para ver cómo se utiliza el transistor en los automóviles para accionar el sistema de ignición, o encendido.

Si conectamos un transistor tipo PNP según el esquema de la figura 34, colocando un amperímetro en el circuito de la base y otro en el del colector, podremos comprobar una serie de efectos que nos conducirán a saber cómo se puede utilizar el transistor para fines prácticos. Los dos interruptores, A y B, complementan el equipo necesario.

Primer experimento. Cerramos el interruptor A y abrimos el B. Desde ya, el colector no actúa, el amperímetro 2 marcará cero, mientras que el amperímetro 1 señalará, por ejemplo, 4,8 A. Esto es evidente desde el momento que en nuestro transistor sólo actúan el emisor y la base, o sea, que funciona como diodo, directo, puesto que la base, de tipo N, está conectada al polo negativo de la batería, alimentándola de electrones, y el emisor, P, recibe esos electrones por estar polarizado positivamente; la corriente pasa en forma directa, lo cual es indicado por el amperímetro 1.

Experimento segundo. Si ahora abrimos el interruptor A y cerramos el

B, veremos que el amperímetro 2 revela que no hay paso de corriente. Esto es debido a que las lagunas que emite el emisor son bloqueadas por la base y por consiguiente no pueden ser atraídas por el colector. La base actúa como un aislador.

fundamental del funcionamiento de los transistores.

b) El experimento 3º revela que la intensidad de la corriente del circuito de la base es muchas veces menor que la del circuito del colector. Esto significa que: *el transistor es, esencialmente, un amplificador de intensidad.*

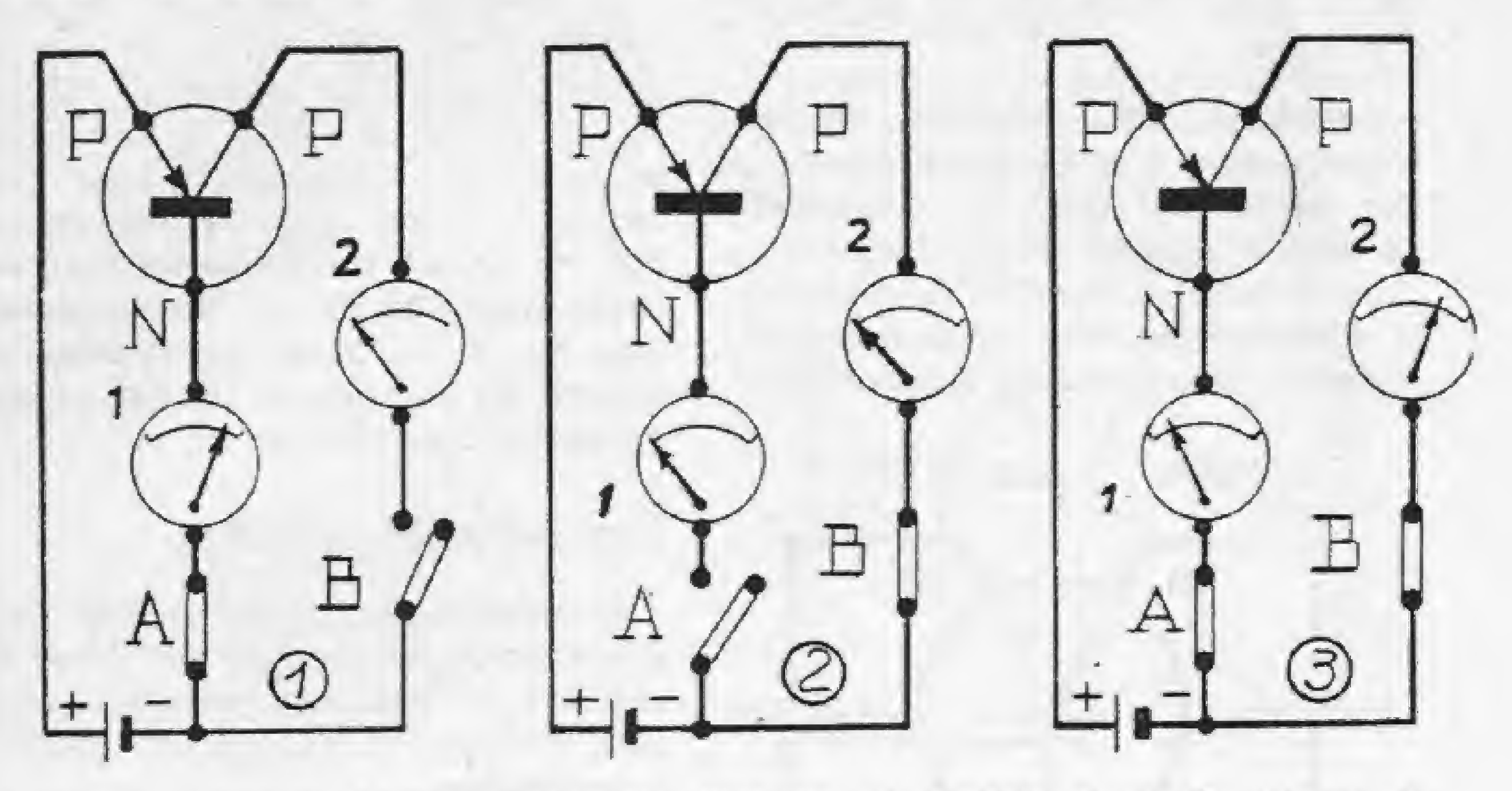


Fig. 34. Demostración del funcionamiento del transistor. 1) Abriendo el circuito colector, no funciona; 2) abriendo el circuito de base, no funciona; 3) con los circuitos cerrados y las baterías bien conectadas, el transistor funciona como un amplificador de intensidad.

Experimento tercero. Cerremos ahora los dos interruptores e interpretemos lo que ocurre. Observamos que los dos amperímetros acusan paso de corriente, pero, de distintos valores: el del circuito de la base nos señala 0,3 amperios y el del circuito del colector 4,5 amperios, cuya suma es, aproximadamente (en la práctica) la que obtuvimos en el experimento 1º. Esto es debido a que ahora la base actúa de elemento orientador de las lagunas que el emisor inyecta en la base, atrayéndolas, las cuales son entonces absorbidas a través de la delgadísima base por el colector debido al intenso campo negativo de su batería de polarización.

De los dos experimentos que hemos realizado deducimos las conclusiones siguientes:

a) El experimento 2º demuestra que: el circuito principal, emisor-colector, se interrumpe cuando se abre el circuito de la base. *Este es el principio*

Retengamos bien, a través de todos nuestros estudios, estas dos propiedades fundamentales ya que son la clave del funcionamiento de los transistores.

Características de los transistores

Profundicemos un poco más el estudio de los transistores observando las curvas de las características de su funcionamiento. Son dos: a) la que relaciona la corriente del colector con respecto de la corriente de la base (fig. 35); b) la que determina también la corriente del colector pero, relacionada ahora con la tensión aplicada a la base (fig. 36).

La primera de estas características es lineal (representada por una recta) lo cual significa que hay una proporcionalidad constante entre la corrien-

te de la base y la del colector, pero, según vemos por la inclinación de la recta, las variaciones de la corriente del colector son mucho mayores que las de la base, por ejemplo, 15 veces, debiéndose considerar la escala de la corriente del colector mucho mayor que la de la corriente de la base. Esto significa que hay un efecto de amplificación lineal, sin deformación de la señal del circuito de entrada, que se reproduce, amplificada, en el circuito de salida.

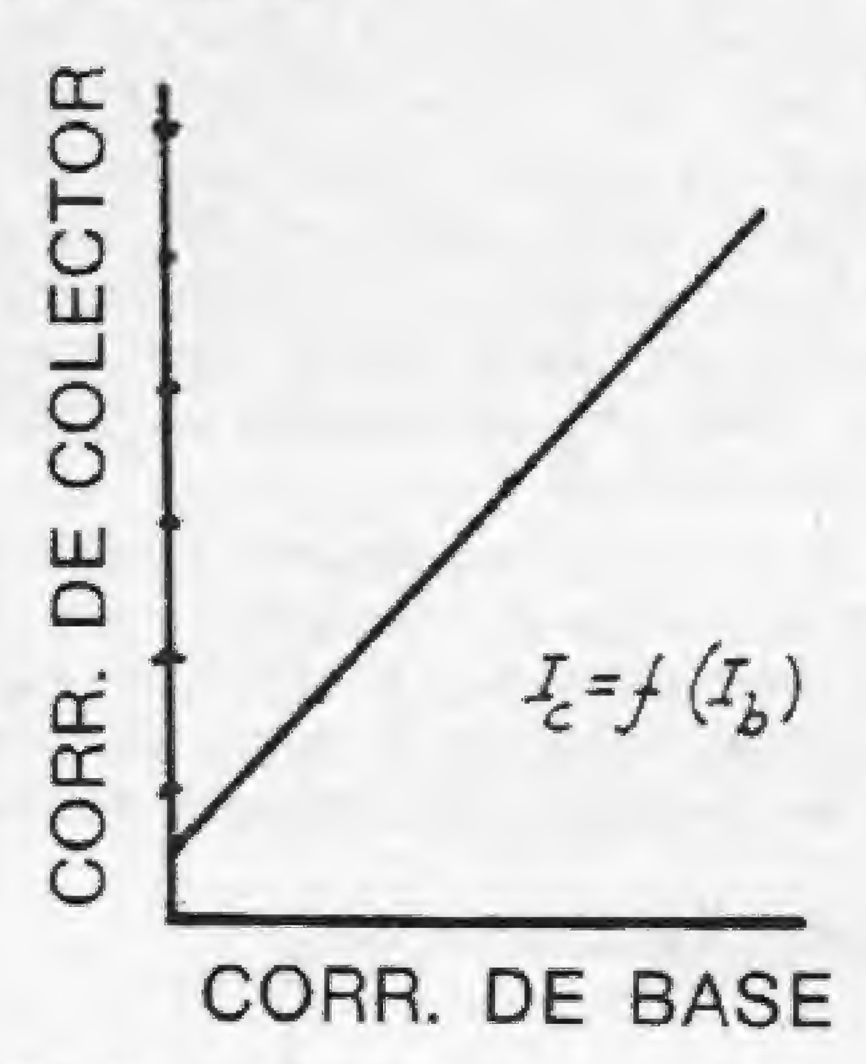


Fig. 35. Característica del transistor, de la corriente del colector al variar la corriente de base. Aumenta en forma proporcional.

La segunda característica del transistor, figura 36, es de forma exponencial, lo que quiere decir que no hay proporcionalidad entre las variaciones de tensión aplicadas a la base y la corriente que ella origina en el colector.

Las dos aplicaciones fundamentales

El funcionamiento de los transistores puede cumplir dos efectos bien definidos: 1) como relé; 2) como amplificador.

1) **El transistor como relé.** Observando la característica de la figura 36 vemos que basta hacer pasar una débil corriente por el circuito de la base para que circule una corriente de mucha mayor intensidad por el circuito del colector. Ahora bien, como que el circuito de la base puede controlarse por dos procedimientos: a) puramente mecánico; b) eléctrico o electrónico.

a) **Control mecánico del transistor.** Se realiza mediante un interruptor intercalado en el circuito de la base, o bien, conectando un resistor que regule esta corriente. Las aplicaciones de estos dos procedimientos las encontramos en la ignición transistorizada y en los reguladores transistorizados. La apertura se produce en el circuito de la base, sin autoinducción y recorrido por una débil intensidad, que gobierna otro circuito (el del colector) con una fuerte intensidad en un circuito de gran autoinducción (el devanado de la bobina): es el caso de la ignición transistorizada.

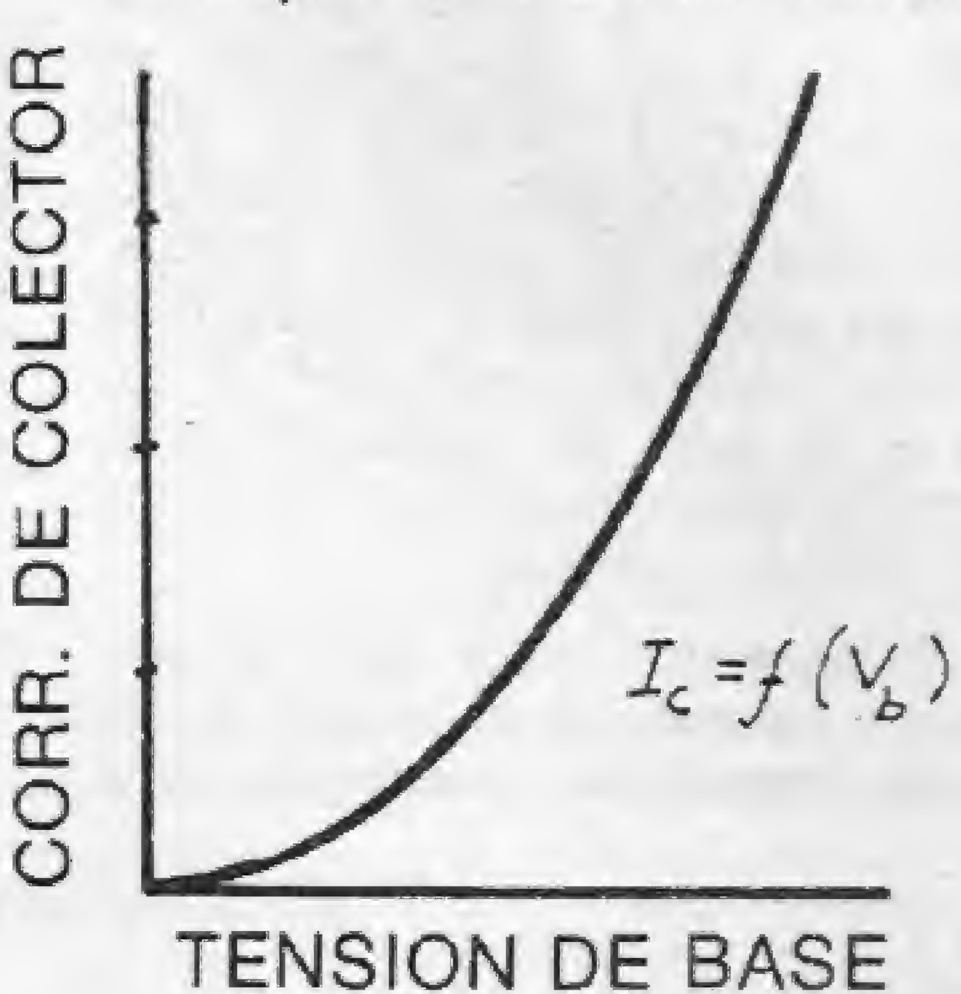


Fig. 36. La corriente del colector aumenta en forma exponencial con respecto de las variaciones de la tensión en la base del transistor

b) **Puramente eléctrico, o electrónico.** Su aplicación la tenemos en la ignición a transistores. No se produce ninguna apertura mecánica del circuito y todo el proceso se efectúa dentro del semiconductor.

2) **El transistor como amplificador.** Ya hemos visto (fig. 36) que el transistor es, esencialmente, un amplificador de intensidad y por lo tanto cabe preguntarse cuándo podemos

considerarlo puramente como un amplificador. Y bien, podemos decir que un transistor actúa como amplificador cuando permite reproducir distintas modalidades variables aplicadas en el circuito de entrada, las cuales se reproducen, ampliadas, en el circuito de salida.

Para aclarar los puntos 1) y 2) vamos a definir, con ejemplos, cuál es la diferencia fundamental de las dos funciones que puede realizar un transistor.

a) El transistor actúa como relé cuando se utiliza para producir un efecto puramente mecánico de "todo o nada", aprovechando, por supuesto, la amplificación del impulso recibido. Es lo que ocurre cuando la excéntrica del motor térmico interrumpe el circuito de la base del transistor en la ignición transistorizada, como veremos en el próximo capítulo.

b) El transistor actúa como un amplificador cuando se le confía la misión de reproducir, aumentada, una señal con variación de características esenciales a esa señal. Esto puede realizarse en muchos casos por medio de varios transistores conectados en serie de forma que el circuito de salida de un transistor actúe en el circuito de la base del transistor siguiente, lo cual nos hace recordar los amplificadores electrónicos de varias válvulas.

El transistor y el diodo Zener

En el capítulo anterior dimos algunas aplicaciones del diodo Zener combinadas con el diodo común, entre ellas, como válvula de seguridad. Ahora describiremos otras aplicaciones en las cuales intervienen transistores con el diodo Zener.

a) **Válvula de seguridad.** La disposición representada en la figura 37, se encuentra cuando se trata de proteger un transistor T colocado en un circuito que puede recibir sobretensiones, y por lo tanto fuertes intensidades, como ocurre si hay intercalado un circuito con elevadas autoinducciones, como ocurre si el transistor actúa en un sistema de ignición transistorizada.

Si la corriente adquiere valores que pueden dañar al transistor, o sea que en los bornes A y B actúa una fuerte tensión, el Zener Z entra en acción y se produce una corriente derivada, evitando que pase a través del transistor. Es evidente que la resistencia R ayuda a producir una caída de tensión, disminuyendo la corriente de la base, limitando aún más el efecto de la elevada tensión. La resistencia conectada en los bornes A y B actúa de autorreguladora.

Este sistema de válvula de seguridad lo encontramos en el sistema de

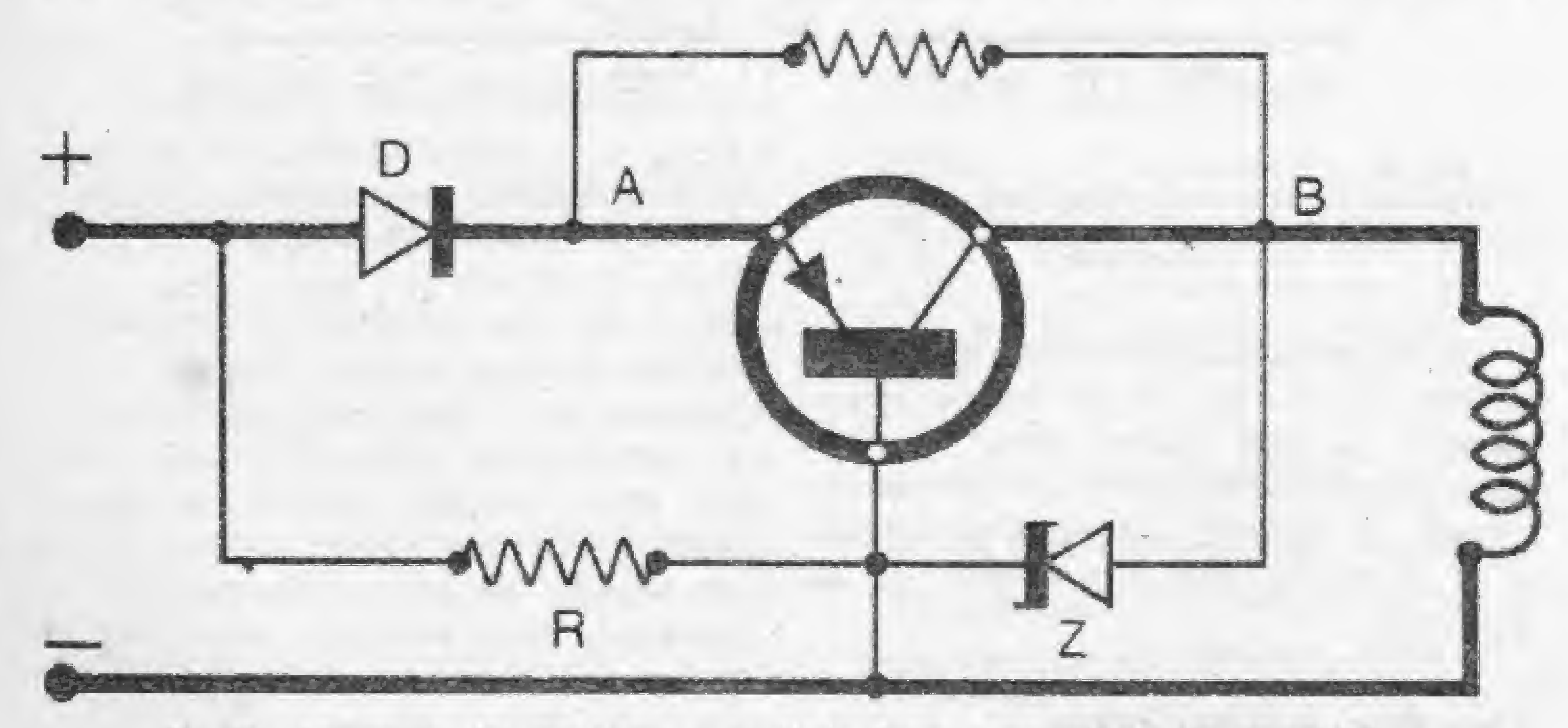


Fig. 37. Aplicación del transistor y el diodo Zener como válvula de seguridad.

ignición Prestolite, entre otras aplicaciones.

b) **Regulador electrónico de máxima.** Este sistema de mando de regularización no actúa directamente como los descritos con los diodos y el anterior, con un transistor, sino que funciona indirectamente, por medio de un segundo transistor que actúa de interruptor intermediario. Es muy interesante estudiar este procedimiento porque es el sistema básico empleado en numerosas aplicaciones de dispositivos electrónicos, de mando y de regulación.

El problema es el siguiente: se trata de regular la tensión en un circuito de utilización C, alimentado por una fuente de alimentación de corriente continua, AB, de forma que no pase de un valor máximo asignado. Actuaremos disminuyendo la intensidad de la corriente en C cuando aumenta la tensión en los bornes de entrada AB, y aumentando la corriente cuando disminuya la tensión en AB.

emisor E_1 conectado al borne positivo A y el colector, C_1, al borne 1 del circuito de utilización C; en cuanto a la base, B_1, va conectada al borne negativo, B, a través del resistor R_1, cuya misión es limitar el valor de la corriente a un valor determinado, mientras que el diodo D_1 tiene por objeto producir una ligera caída de tensión (fig. 38).

Veamos ahora cómo se puede interrumpir la corriente de la base B_1, gobernando con ello el paso de la corriente E_1 C_1 del transistor T_1, que es la corriente que alimenta el circuito de utilización C. Esto lo conseguiremos mediante un segundo transistor, T_2, cuyo emisor-colector, E_2 C_2, cortocircuite el conjunto de elementos formado por el diodo D_1 y el circuito de paso E_1 C_1 del transistor T_1 para que de esta manera se produzca en ellos una caída de tensión. Finalmente, el transistor T_2 empezará a funcionar en cuanto cerremos su circuito de base con el polo negativo B: esta

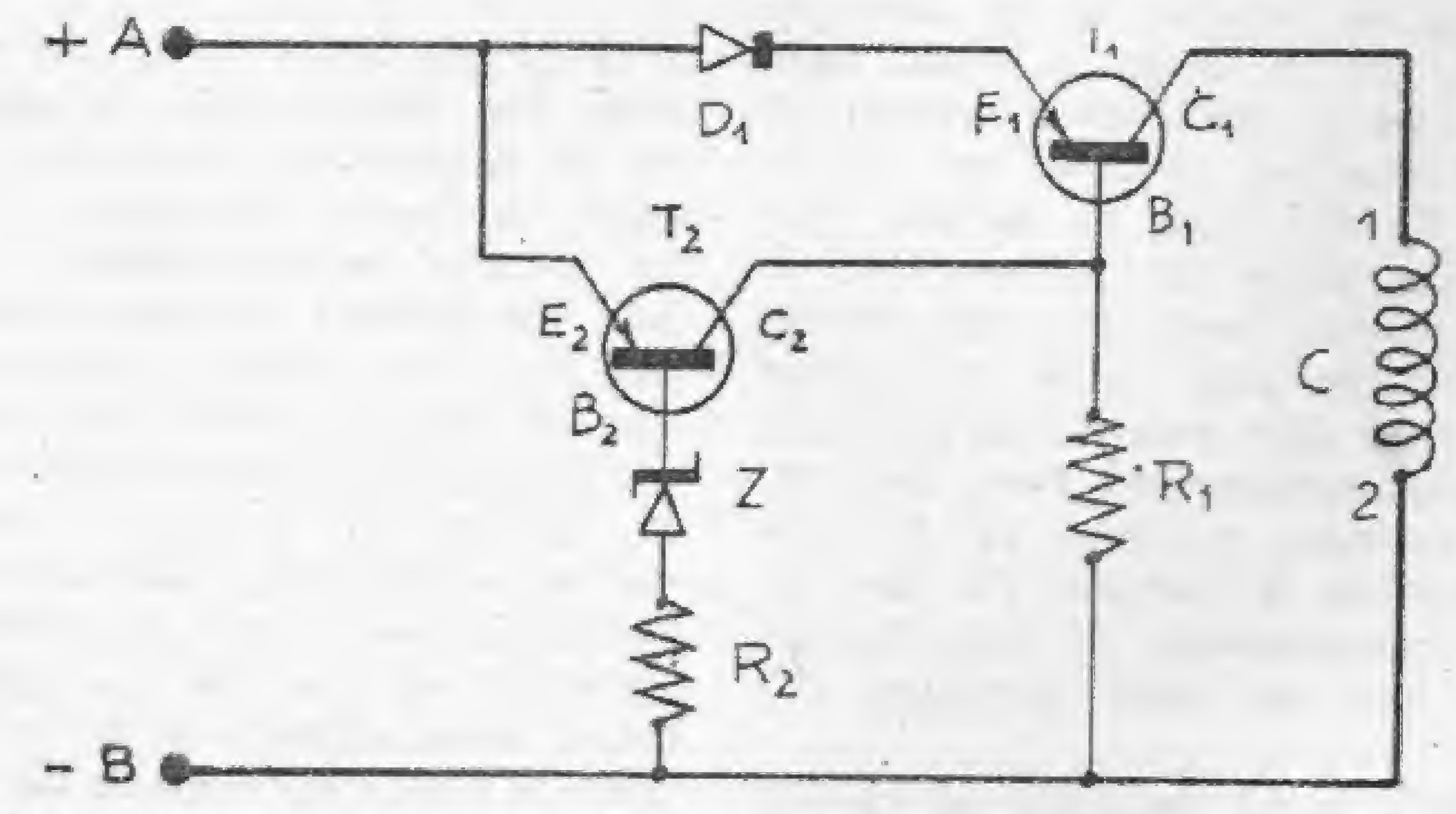


Fig. 38. Dispositivo electrónico regulador de máxima mediante dos transistores

Resolveremos este problema básico, recordando el principio fundamental del funcionamiento del transistor: *sólo pasa corriente por el circuito de utilización* (colector-emisor) *cuando pasa corriente por el circuito de la base; si el circuito de la base se interrumpe, el transistor no funciona.*

Y bien, intercalemos entre los puntos A y 1 un transistor T_1, con su

misión la cumple el diodo Zener D_2, secundado por la acción del resistor R_2.

El funcionamiento del conjunto es el siguiente:

a) Mientras la tensión en los bornes A B tiene el valor preestablecido no es suficiente para producir la conducción del diodo Zener Z y, por lo tanto, no pasará corriente por la base

del transistor T_2, ni por E_2 C_2. Este transistor actúa pues como un interruptor hasta que hay una sobretensión en el circuito de entrada, A B, que que es cuando entra en acción el Zener, graduado, precisamente, al valor del comienzo de esta sobretensión, desde cuyo instante empieza a funcionar.

En estas condiciones, es evidente que la tensión de A B se aplica entre E_1 y B_1 del transistor T_1, el cual, al funcionar, deja pasar la corriente de E_1 a C_1, estando así alimentado el circuito de carga, C. Todo funciona normalmente.

b) Supongamos ahora que la tensión en los bornes A y B aumenta demasiado, hasta alcanzar el valor de entrar a funcionar el diodo Zener, Z: la corriente pasará a su través y, por consiguiente, por la base B_2: esto producirá que el transistor T_2 funcione pasando la corriente por E_2 B_2. Cuando esto ocurre, el circuito de la base de T_1, o sea B_1, queda en cortocircuito, no pasando por lo tanto corriente por la carga C. Este paso franco de la corriente a través del Zener ocasiona, al pasar por el resistor R_2, una caída de tensión, que repercute sobre los bornes A B, y, por supuesto, también en los del Zener: cuando esta caída de tensión llega a un valor equivalente al crítico del funcionamiento del Zener éste deja de conducir, quedando por lo tanto interrumpida la corriente de base B_2; como consecuencia, T_2 deja de funcionar por no pasar corriente por E_2 C_2.

Y bien, al no funcionar el transistor T_2, la tensión (disminuida) de los bornes A B actúa nuevamente sobre la base B_1 del transistor T_1 y por lo tanto, vuelve a funcionar, pasando la corriente a su través, por E_1 C_1, siendo así nuevamente alimentado el circuito C de utilización.

Cuando se vuelva a sobrepasar el valor de la tensión en los bornes A B, se repiten los procesos descritos: el Zener se hace conductor, A y B quedan en cortocircuito a través de T_2 y se reproduce otro ciclo como el ya descrito, manteniéndose, gracias a estas alternativas, la tensión en los bornes A y B dentro de los valores asignados, teniendo, como máximo, el gobernado por el diodo Zener, que, por supuesto, se gradúa convenientemente.

Es bien evidente que el "cerebro" de este mecanismo electrónico automático es el diodo Zener, combinado con las propiedades de funcionamiento del transistor, que interrumpe la corriente cuando sobrepasa un valor asignado y la restablece cuando esta corriente disminuye: puede considerarse como un verdadero sistema de automatización.

Repetimos, conviene que el lector estudie detenidamente todo el proceso de este sistema por encontrarse, con ligeras variantes, en los sistemas de ignición electrónica, así como en diversos reguladores de tensión.

Consideraciones prácticas

Tanto los diodos como los transistores son ideales para ser aplicados en los automóviles: funcionan a muy bajas tensiones, apropiados a las de las baterías de los coches y consumen intensidades muy reducidas; ocupan muy poco espacio y pesan unos cuantos gramos, pudiéndose construir de dimensiones sumamente reducidas. El inconveniente de que no resisten mucha temperatura, especialmente el germanio (hasta unos 80 grados centígrados) no representa ningún obstáculo, pues siempre existe la posibilidad de colocarlos alejados del motor, en una parte bien ventilada por una corriente de aire fresco. Respecto a los transistores de silicio, prácticamente no se presenta ninguna dificultad, pues funcionan satisfactoriamente hasta los 150°.

Los diodos de silicio (comúnmente llamados silicones), algunos de los cuales permiten el paso de intensidades de 30 A, pueden emplearse ventajosamente en sustitución de diversos dispositivos electromagnéticos.

tales como disyuntores, interruptores de mínima, etc., simplificando con ello el sistema de mando y regulación de las dínamos de los coches, evitándose el cuidado y ajuste de los contactos vibratorios, así como el movimiento de numerosas piezas que ahora realizan sus funciones mecánicamente.

Los transistores sustituyen los contactos vibratorios de los reguladores de tensión y de intensidad, sin producir chispas, silenciosamente, sin desgastes de los contactos, etc., lo cual se traduce en una mayor duración de estos aparatos y, además, con la enorme ventaja de no tenerse que ajustar; merece especial mención que se reducen en un gran porcentaje las perturbaciones que afectan al radiorreceptor instalado en los coches.

Los diodos, con su elevado rendimiento, han permitido utilizar el alternador en los automóviles, lo cual significa haber resuelto el problema más grande que presentaba la producción de electricidad en los autos modernos. El alternador, de construcción sencilla, robusto y adaptable a todas las velocidades, permite obtener las más diversas aplicaciones mediante sencillos transformadores que convierten la tensión a distintos valores para hacer funcionar cualquier equipo del coche: el motorcito de arranque, luces de diversos tipos y clases, la radio, y todos los dispositivos que se inventen para aumentar el confort en el coche.

Podemos decir que los diodos y transistores han hecho posible reemplazar la dínamo por el alternador, sustituir, y hasta suprimir, ciertos elementos de regulación mecánica, simplificando la instalación eléctrica de los coches, obteniendo mayor duración de los equipos y mayor exactitud en los valores que requiere su buen funcionamiento. En pocas palabras: La Electrónica ha penetrado en los Sistemas Eléctricos de los Automóviles.

Capítulo IV

EL TIRISTOR

Conceptos fundamentales

Hasta ahora hemos tratado el diodo (con dos semiconductores y una juntura) y el transistor (con tres elementos y dos junturas) los cuales se caracterizan por funcionar en forma permanente, pasando a través de sus elementos y junturas la corriente mientras están conectadas las baterías. Ahora, en cambio, estudiaremos un nuevo dispositivo que tiene cuatro semiconductores y tres junturas: dos elementos del tipo P y otros dos del tipo N, alternadamente dispuestos; uno de estos elementos, del tipo P, actúa solo, como podríamos decir, de gatillo que dispara el funcionamiento de los otros tres semiconductores.

Este dispositivo electrónico tiene cada vez más aplicaciones y, además, es la clave del funcionamiento de la ignición electrónica a descarga capacitativa que, opiniones muy autorizadas, dicen será muy probablemente el más indicado para los motores térmicos de elevadísimo número de revoluciones; es decir, el motor del futuro.

El tiristor

Considerado en su conjunto, el tiristor, funciona como un diodo controlado que se hace conductor cuando se le aplica un impulso eléctrico; pero, una vez iniciado el paso de la corriente, ésta no se detiene hasta que se interrumpe. Si se quiere, quizás podría compararse a una pistola cargada: al apretar el gatillo se dispara, no pudiéndose ya detener la bala (paso de la corriente), dejando sólo de funcionar cuando al salir del caño los gases pierden su fuerza expansiva, o fuerza motriz. Si queremos realizar otro disparo es necesario volver a cargar la pistola.

Por la semejanza de su funcionamiento, no hay que confundir el thyratrón, con envoltorio cristalino, lleno de gases, con el tiristor, a veces denominado "thyratrón de semiconductores" y, también, "thyratrón sólido". Generalmente se lo denomina "tiristor" y asimismo, "diodo de silicio controlado" que se indica abreviadamente. DSC.

Según hemos dicho anteriormente, se compone de cuatro semiconductores, tres junturas y tres conexiones, tal como se representa en la figura 39, junto con sus símbolos más utilizados. En lo sucesivo lo designaremos con el nombre de tiristor.

Podría parecer, al observar esta representación esquemática, que se trata de dos diodos conectados en serie. NO. Nada más lejos de la realidad, pues todo sucede como si fuese un diodo que funciona en sentido inverso en los dos sentidos, teniendo algo de similitud con el diodo Zener, sólo que en el tiristor, en vez de ser la presión eléctrica (tensión) la que lo pone en acción es, podríamos decir, una inyección de cargas positivas lo

que rompe el equilibrio y lo hace abruptamente conductor.

Funcionamiento del tiristor

Para poder explicar, en forma sencilla, cómo funciona el tiristor vamos a hacer las siguientes suposiciones. En primer lugar consideraremos divididos (imaginariamente) los cuatro semiconductores tal como indica la figura 40 con una línea punteada. Esto no altera su disposición por lo que a las polaridades ni a las junturas se refiere. Hecho esto supondremos ahora que suprimimos las medias porciones, rayadas, del primero y del cuarto semiconductor.

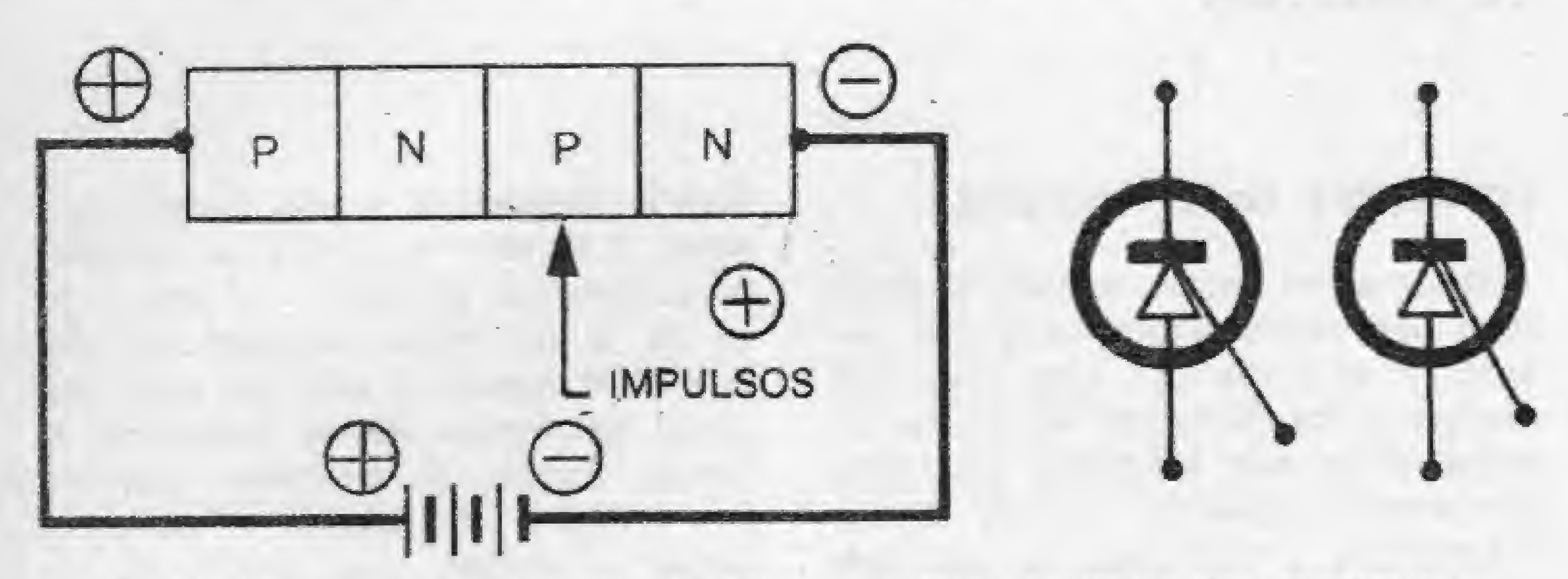


Fig. 39. Principio esquemático del "Tiristor" y símbolos empleados para representarlo

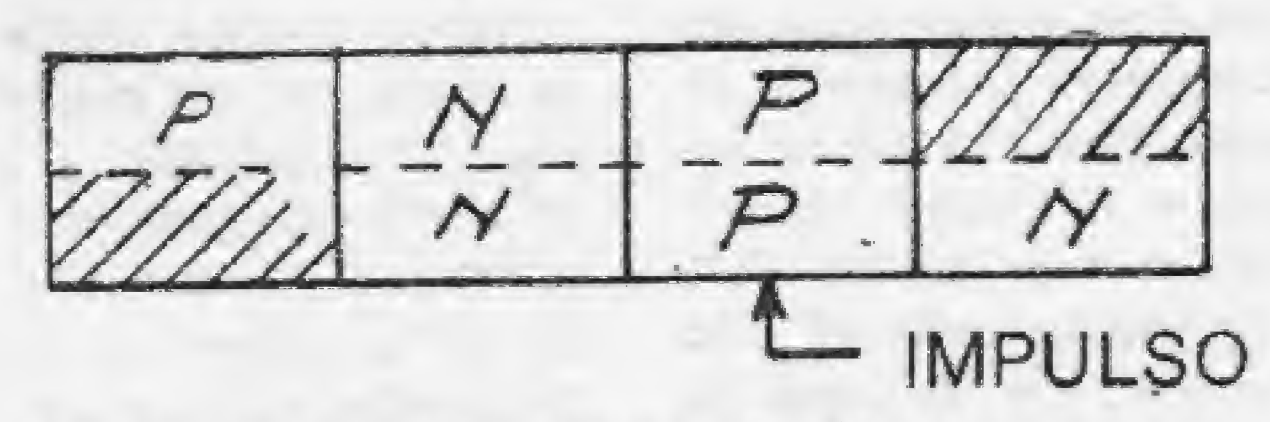


Fig. 40. Artificio de considerar divididos los cuatro semiconductores en ocho partes y suprimir una porción P y otra N.

Separemos ahora las dos mitades de cada grupo de semiconductores (fig. 41), conectándolos entre sí por medio de alambres, a y b, para que todo continúe como cuando estaban unidos, puesto que las junturas no se han modificado lo más mínimo. Observando estos dos semibloques, PNP y NPN, vemos que nos representan dos transistores, ligados entre sí de una forma especial. Para verlo más claramente, dibujemos estos dos transistores, interconectándolos entre sí tal como indican las conexiones de los dos semibloques anteriores, obteniendo así el esquema de la figura 42.

Veamos ahora cómo funcionan estos dos transistores. Nos van a revelar lo que sucede dentro de los semiconductores y, además, por qué al recibir el impulso eléctrico se pone en funcionamiento el tiristor y éste no detiene su funcionamiento hasta que se ha gastado la carga de electricidad que se aplica a sus bornes extremos MN, o se interrumpe el circuito con el interruptor O.

Puesta en marcha. Supongamos que en los bornes MN aplicamos una tensión positiva y negativa, que puede ser, por ejemplo, la carga de un condensador. No puede pasar la corriente porque a las bases de los dos transistores no se les aplica ninguna tensión: los dos transistores están a punto de disparar.

Cerremos ahora el interruptor D, con polaridad positiva, y veamos lo que sucede. Al aplicar una tensión positiva directamente a la base B_2, del transistor T_2 (que representa la inyección del impulso, o disparo del gatillo) pasará la corriente de B_2 al emisor E_2 (tengamos presente que estamos considerando un transistor negativo). Asimismo, puesto que también hemos hecho positivo el emisor E_1 del transistor T_1 y, además, que su base, B_1, está conectada a la base B_2 positivamente, resulta que el transistor T_1 se pone a conducir produciéndose por lo tanto paso de corriente, primero por E_1 B_1 y luego por C_2 E_2, es decir, a través de los dos transistores. Asimismo, estando alimentada la base de T_1, también pasará la corriente por el circuito E_1 C_1 B_2. Esto significa que la corriente pasa por los dos transistores funcionando por lo tanto el tiristor.

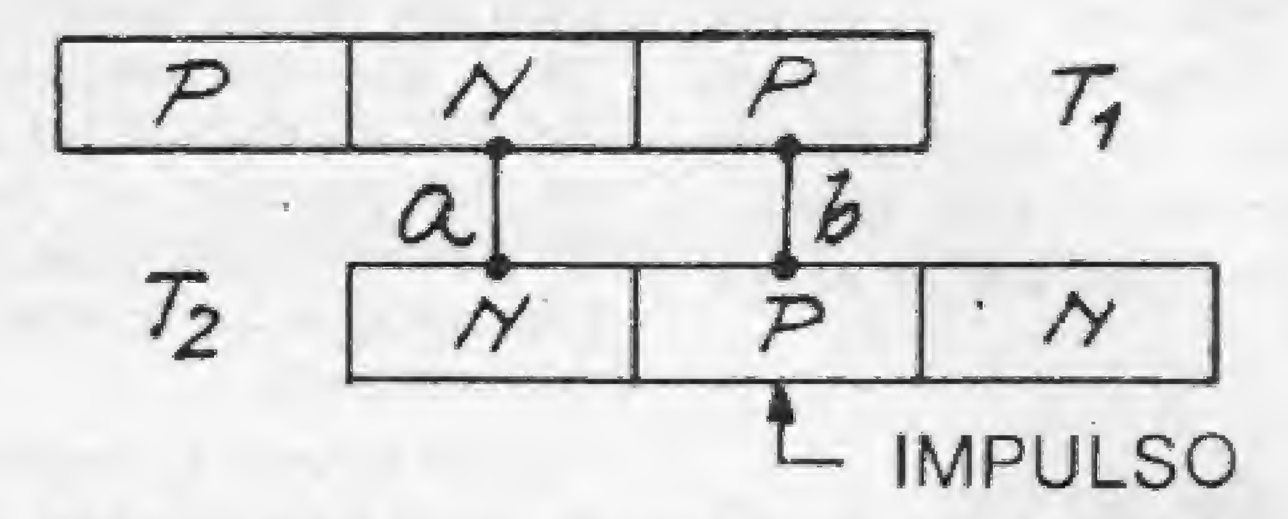


Fig. 41. Uniendo convenientemente las polaridades, tenemos los elementos para constituir dos transistores, uno PNP y otro NPN (ver Fig. 42).

Continuidad del funcionamiento. Reparemos que ahora, aunque abramos el interruptor D (que es el que inyecta el impulso), el tiristor seguirá funcionando, puesto que los dos transistores reciben la corriente necesaria de la fuente de alimentación MN. En efecto, la base del transistor T_2, o sea B_2, es alimentada por el circuito E_1 C_1 (emisor-colector del transistor T_1) y, asimismo, el transistor T_1 seguirá funcionando por la misma causa: su base, B_1 continúa alimentada por el circuito emisor-colector, C_2 E_2, del transistor T_2.

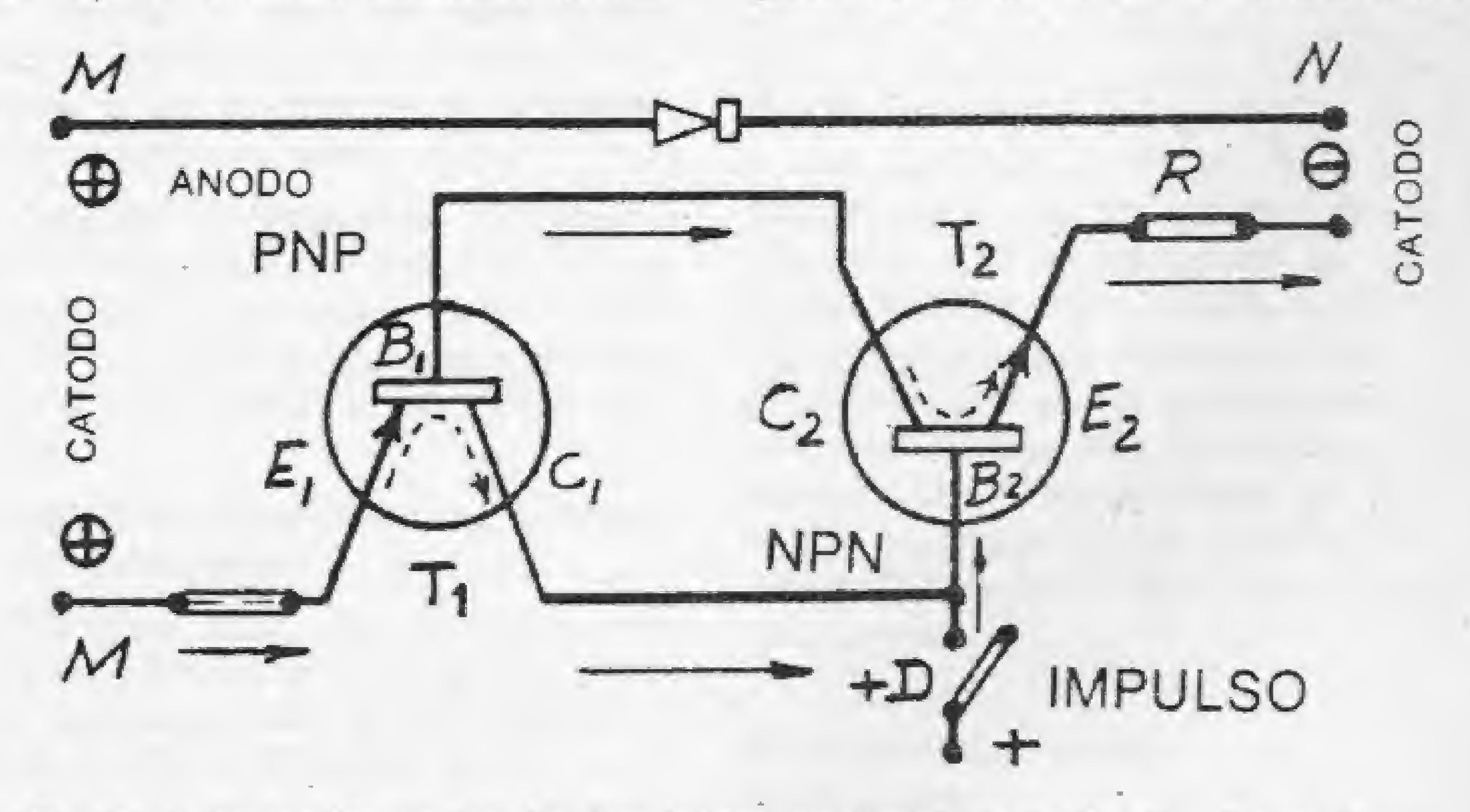


Fig. 42. Interconexión de los dos transistores resultantes de la Fig. 41, para explicar el funcionamiento del Itiristor o "Thyratrón sólido".

En resumen: una vez puesto en funcionamiento el tiristor, al inyectarle el impulso por la acción del interruptor D, seguirá funcionando sin que ya

intervenga en su funcionamiento la acción del disparo.

Cese del funcionamiento. Si, estando abierto el interruptor D ahora abrimos los interruptores Q y R, no circulará ya corriente por la base B_2 del transistor T_2 y por consiguiente, no pasará corriente por C_2 E_2 ni por la base B_1 del transistor T_1. Por lo tanto, el tiristor deja de funcionar, siendo necesario repetir todo el ciclo ya enumerado para que vuelva nuevamente a actuar.

Aplicaciones del tiristor

Por lo que se refiere a la aplicación de la electrónica al automovilismo, el tiristor tiene dos importantes aplicaciones:

1) Es lo que podríamos llamar el "cerebro" del sistema de ignición por descarga capacitativa que admite una rapidez de funcionamiento superior a la que requiere el funcionamiento de los motores térmicos más rápidos que puedan construirse.

Un esquema de tal sistema lo tenemos si suponemos que a los bornes MN conectamos un condensador cargado por un oscilador de alta frecuencia y, que los impulsos son producidos por un dispositivo sin inercia, como por ejemplo, un rayo luminoso y un diodo fotosensible. El conjunto de este sistema de ignición se describirá más adelante.

2) El tiristor se emplea también para la regulación de los alternadores cuyo rotor está constituido por imanes permanentes. En este caso no es posible actuar sobre la corriente que recorre la bobina que forma los campos magnéticos que es el caso general de los alternadores sistema Lundell.

SEGUNDA PARTE

SISTEMAS DE IGNICION

Capítulo I

LA IGNICION TRANSISTORIZADA

Sistemas de ignición electrónica

Los sistemas actuales de ignición electrónica pueden dividirse en las siguientes categorías:

1) **Ignición electrónica transistorizada.** Utiliza un transistor, o un diodo controlado. Es el único sistema electrónico que conserva el ruptor.

2) **Ignición a impulsos electromagnéticos.** Estos impulsos actúan directamente a un transistor, no habiendo ningún mando mecánico (ruptor, etc.).

3) **Ignición a impulsos luminosos.** Este sistema utiliza la descarga de un condensador (por cuyo motivo también se lo llama a descarga capacitativa), que se aplica a un diodo controlado.

4) **Ignición electrónica para motores de competición.**

Trataremos cada uno de estos sistemas de ignición en un capítulo completo, dándoles toda la extensión necesaria a tan importante tema.

En este capítulo se desarrollará la ignición transistorizada.

Fundamentos

El sistema tradicional de encendido, empleado actualmente en la inmensa mayoría de coches que existen en el mundo, es el representado en la figura 53, de la obra *Sistemas eléctricos del automóvil.* Para no repetir lo expuesto, conviene volver a leer esas páginas, observando que los defectos de ese sistema son bien evidentes, entre los cuales pueden citarse, a saber: a) los contactos de los platinos se gastan muy pronto, formando arcos; b) la inercia del equipo móvil limita el número de veces por segundo que puede interrumpirse la corriente; c) no es posible sobrepasar el valor de la intensidad que pasa por el primario porque los platinos tienen un límite de densidad de corriente permisible; d) los motores no pueden pasar de un número de revoluciones, que actualmente se consideran insuficientes, debido a la inercia del dispositivo vibratorio, etc. Por estos motivos se ha considerado conveniente utilizar los transistores para producir las interrupciones de la corriente primaria de la bobina, eliminando la mayoría de inconvenientes enumerados.

El transistor como interruptor

Es posible utilizar los resultados obtenidos en los experimentos segundo y tercero, del capítulo tercero, para demostrar el fundamento en que se basa la ignición a Transistores.

En efecto, consideremos la figura 43, que es similar a la que representa gráficamente el experimento mencionado, con las diferencias siguientes:

a) se han suprimido los amperímetros; b) el interruptor B se ha omitido y en su lugar se ha conectado el primario de la bobina de ignición; c) en vez del interruptor A se ha colocado el ruptor, cuyas aberturas y cierres están mandados por la excéntrica que gobierna los desplazamientos de la palanca del ruptor.

El funcionamiento de este dispositivo es evidente. El transistor funcionará, o sea que pasará corriente de la batería a través del primario de la bobina, mientras los contactos del ruptor estén unidos, pero, en cuanto la excéntrica con su movimiento de rotación presione la palanca y los separe, el circuito de la base quedará interrumpido. Según el experimento 2º, por el circuito del colector (en el cual está conectado el primario de la bobina) cesará el paso de corriente, a consecuencia de lo cual la energía que se había acumulado bajo la forma de campo magnético desaparece abruptamente, reconvirtiéndose en energía eléctrica que absorbe el secundario aplicándola a la bujía correspondiente. Para simplificar el dibujo no se ha representado el distribuidor de alta tensión. Conviene que comparemos este esquema simplificado con la figura 53, página 52, donde indicamos un sistema de ignición tradicional con ruptor.

En realidad se ha presentado, en forma esencial, el sistema de ignición a transistores, o transistorizado. Todavía necesita del ruptor con todos sus inconvenientes limitadores del número de veces que puede interrumpir, por segundo, la corriente primaria de la bobina. La supresión completa del ruptor se consigue mediante el sistema de ignición electrónica, que describiremos en el próximo capítulo.

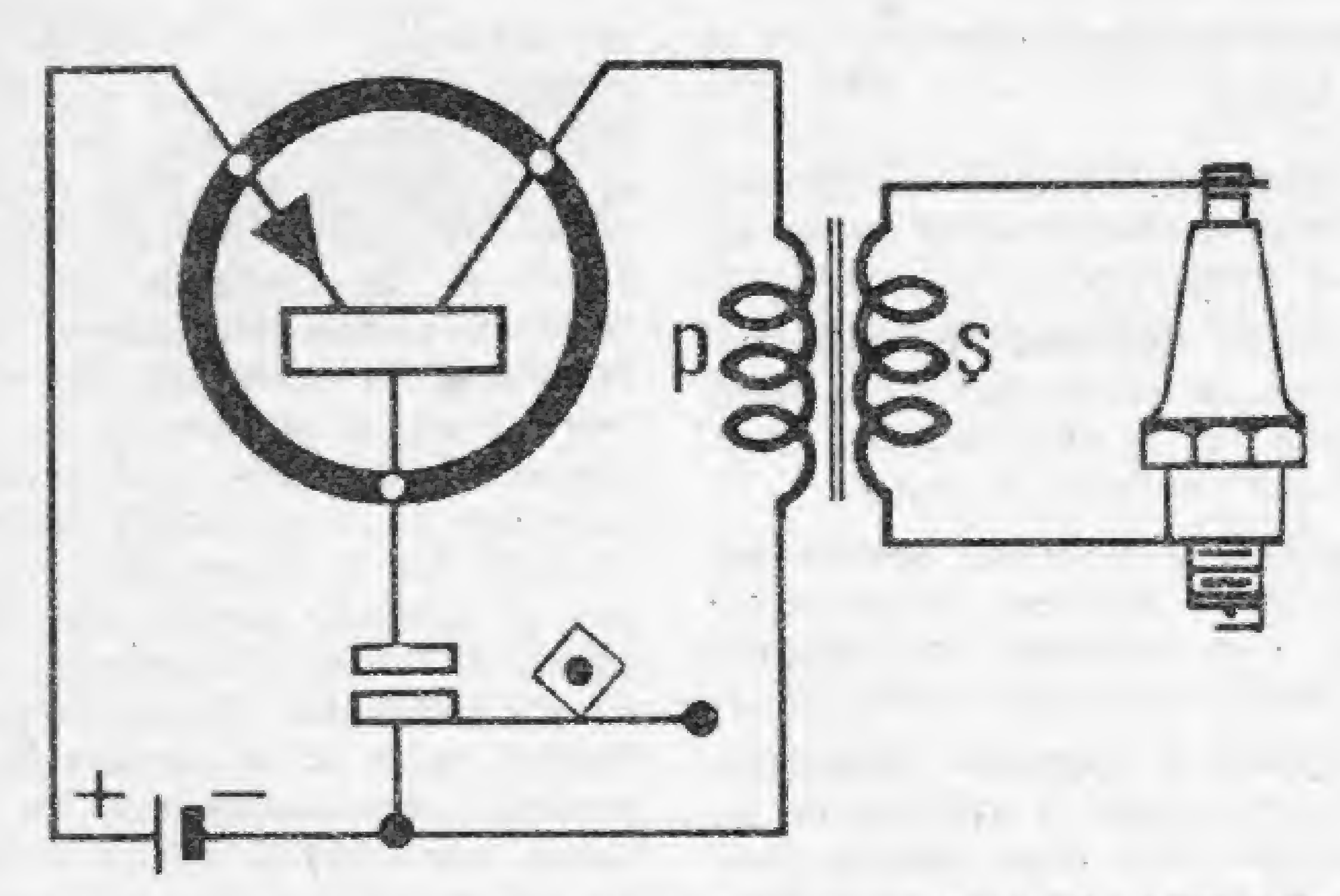


Fig. 43. Fundamento del empleo del transistor en sustitución del ruptor para el paso de la corriente del primario: por los platinos sólo pasa una corriente de intensidad muy reducida.

Conviene poner en evidencia las ventajas que tiene la utilización del interruptor a transistores entre las cuales cabe destacar que, pasando por el ruptor una corriente que podemos admitir es unas 30 veces menos intensa que en los sistemas antiguos, no se presentan dificultades en los contactos de los platinos por la formación de arcos, que los deterioran y es necesario ajustarlos con frecuencia; además, siendo poco intensa la corriente de ruptura, no es necesario utilizar ningún condensador entre sus bornes; en fin, pudiendo ahora ser más intensa la corriente que entrega

el transistor, se utilizan bobinas más reducidas.

La ignición transistorizada. La maravillosa ventaja de este sistema de ignición reside en que puede aplicarse a la casi totalidad de los coches ya existentes, con ligeras modificaciones, teniendo especial cuidado de emplear transistores del tipo P, o sea, PNP, cuando el negativo de la batería está conectado a la masa y, en consecuencia, es el negativo el que se aplica al colector del transistor P; cuando es el positivo del acumulador el polo que se conecta al chasis, entonces se utilizan transistores del tipo N, o sea NPN, puesto que en este caso es el negativo de la batería el que se aplica al emisor del transistor, N, puesto que deben conectarse polos del mismo nombre como ya hemos dicho oportunamente. Desde luego, nos estamos refiriendo a los coches que emplean la dínamo como generador de electricidad, o sea la casi totalidad de autos actualmente existentes.

Para transistorizar los coches ya existentes, se fabrican equipos completos que con suma facilidad se aplican a los coches. Entre las firmas constructoras más conocidas merecen citarse las siguientes: Lucas, Autolite, Bosch y, en Argentina, BIM.

Estos equipos se entregan completos, con los elementos preparados de tal manera que con suma facilidad se puede transformar el sistema de encendido tradicional en transistorizado siguiendo las instrucciones que se acompañan. Si se siguen atentamente las indicaciones dadas por el fabricante, un electricista de automóviles puede, ciertamente, aplicar estos equipos a cualquier coche, cuidando, en forma muy especial, de tener la certeza de la polaridad que se conecta la batería al chasis, para seleccionar el tipo correspondiente.

Sistemas Lucas. Esta gran compañía inglesa consiguió construir un transistor extraordinario, capaz de soportar 500 V entre colector y base, lo que ha permitido utilizarlo exitosamente en los sistemas de encendido, pasando por el circuito del ruptor una intensidad muy reducida, con una disipación máxima de 50 vatios a una temperatura de 75° C. A este sistema de ignición transistorizada Lucas se le conoce como sistema T.A.C., que son las iniciales de "Transistor Aide Contact", que podemos traducirlo al castellano como: "Transistor de Ayuda a los Contactos", del ruptor, se sobreentiende.

El principio de su funcionamiento se indica en la figura 44 empleando 2 transistores al silicio tipo NPN, por tener el negativo conectado a masa.

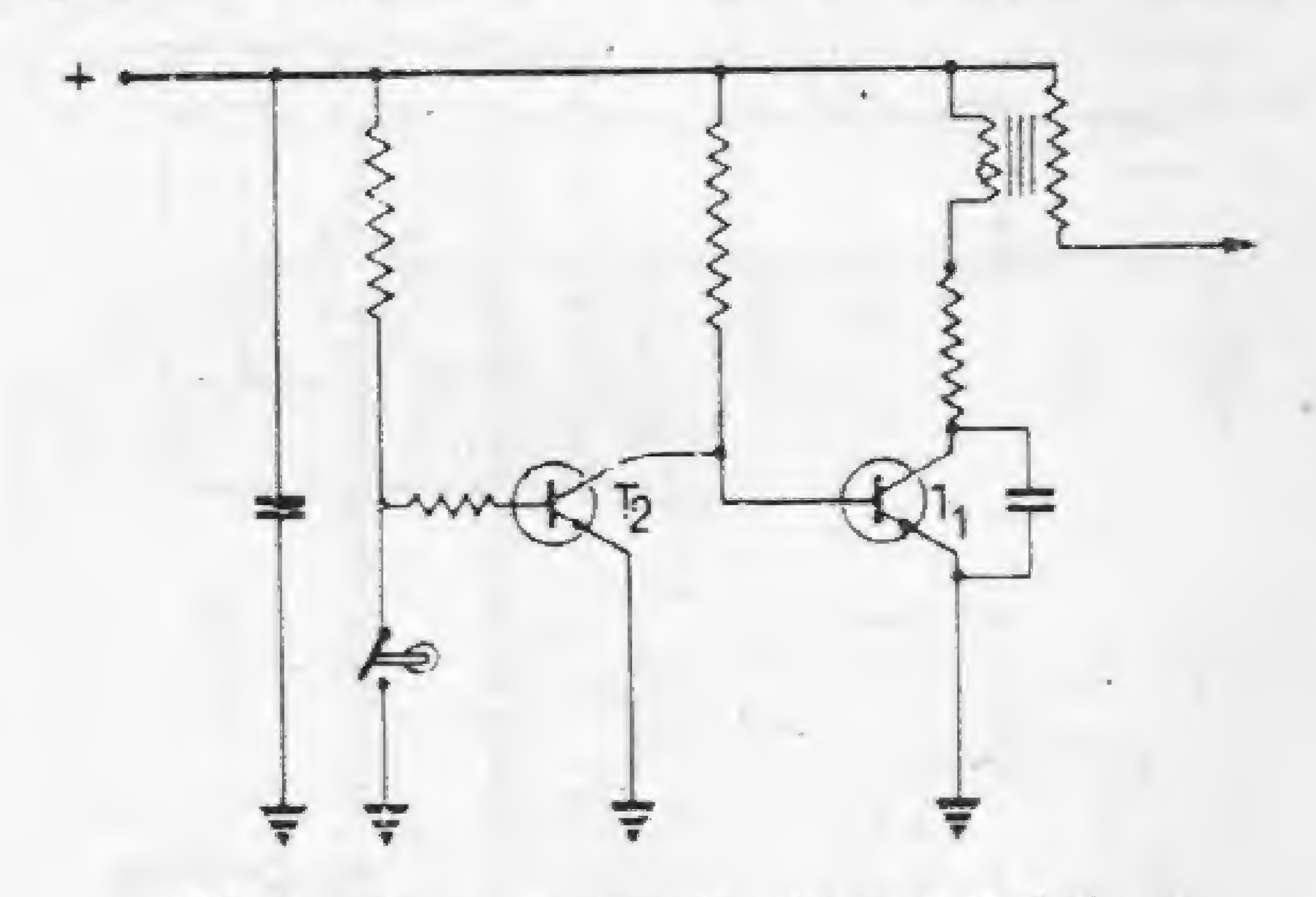


Fig. 44. Principio fundamental del sistema TAC

Cuando se abre el contacto del ruptor, la base del transistor T_2 es alimentada por el positivo de la batería, poniéndose por lo tanto a funcionar este transistor. Al estar conduciendo, cortocircuita la base del transistor T_1, lo cual hace que quede bloqueado (conectando a masa el positivo de la batería en vez de aplicarlo a la base de T_1); al dejar de funcionar T_1 se interrumpe la corriente de la batería por el primario de la bobina, induciendo una elevada tensión en el secundario que se aplica a las bujías produciendo la chispa.

El equipo T.A.C. se compone de tres elementos: 1) la unidad que contiene

Vamos a describir estos elementos por separado y con la debida extensión.

Transistor. El transistor Lucas DT 6105 es el empleado en el equipo T.A.C. Sus características son las siguientes:

• Tensión entre colector y base, 500 V.

• Resistencia de saturación por el consumo del emisor, 0,1 Ω.

• Amplificación, de 10 a 50, para una corriente media del colector de 5 A.

• Disipación máxima de energía, 50 vatios a una temperatura en el recinto de 75° C.

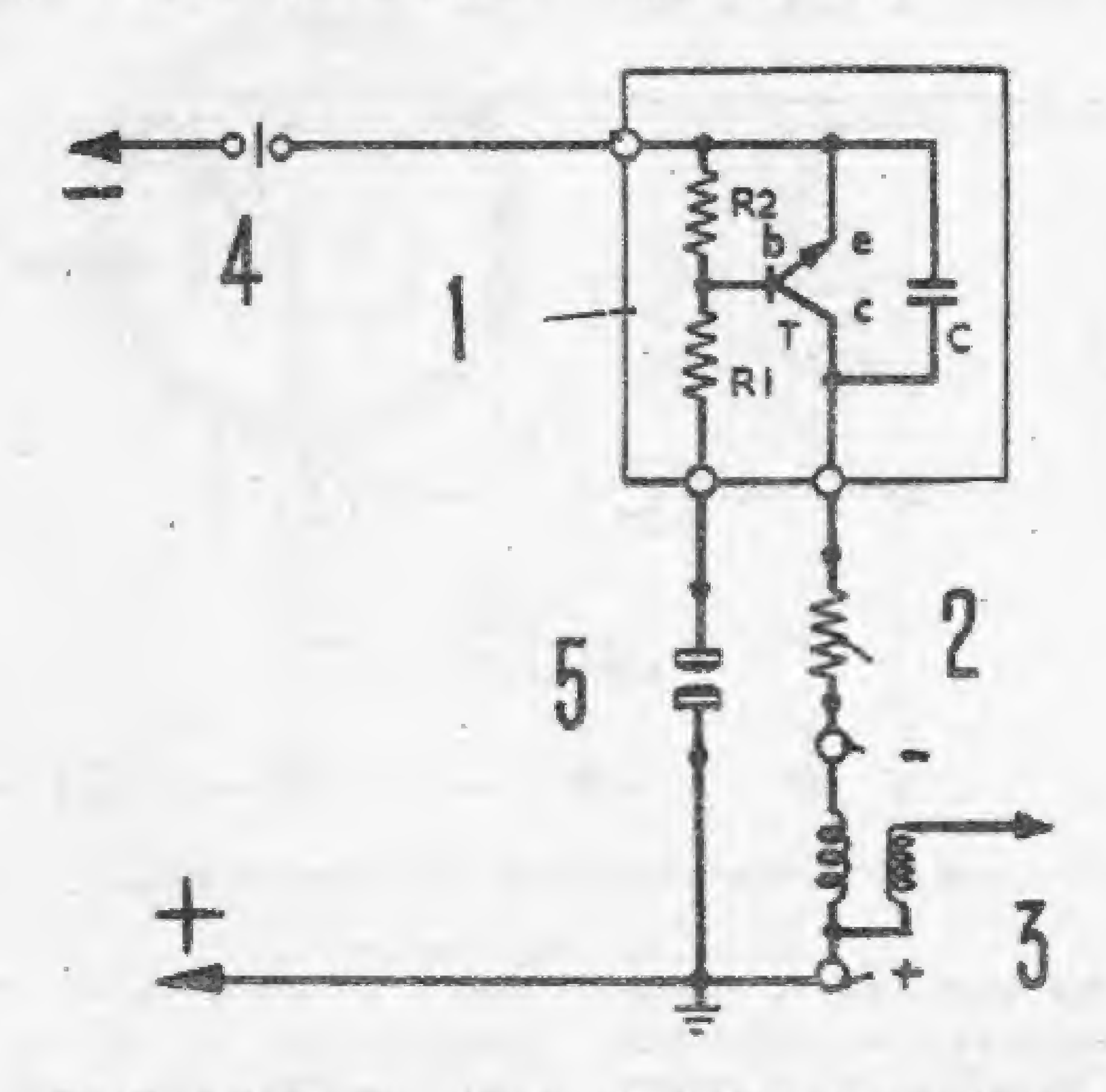


Fig. 45. Esquema del conjunto del sistema de ignición transistorizada "Lucas". La unidad electrónica (1), con diodo negativo, tiene dos resistencias de base, R1 y R2, y un capacitor C de protección del diodo. La resistencia (2) limita la corriente del primario; (4) es el interruptor de la puesta en marcha del coche. (5) el ruptor y (3) la bobina.

el transistor y las resistencias limitadoras de intensidad; 2) la bobina, especial; para obtener la tensión que requieren las bujías para producir la ignición; 3) una resistencia, exterior, cuya finalidad es limitar la intensidad de la corriente primaria de la bobina con el fin de que se caliente menos este devanado.

• Frecuencia máxima permisible, 75.000 ciclos por segundo.

• Máxima temperatura de la unión, 125° C.

Unidad electrónica. Está compuesta por el transistor T, dos resistencias de base, R1 y R2, y por un condensador C (fig. 45).

Esta unidad está construida formando una caja cerrada cuya base es de aluminio, que sirve de radiador térmico del recinto, para mantener el transistor dentro del límite de la temperatura permisible que puede alcanzar. Las resistencias de base están estampadas, estando el conjunto de esta unidad cerrada por una tapa metálica.

De esta unidad electrónica salen tres cables: uno va al interruptor del encendido (4), otro al primario de la bobina (a través de la resistencia [2]) y, el tercero, al ruptor (5).

La resistencia exterior (2) tiene la misión de reducir la temperatura que adquiriría el devanado primario de la bobina. Está hecha de una aleación de níquel. En muchos sistemas de ignición transistorizada esta resistencia extérna, R, está conectada de tal forma que se puede sacar de circuito cuando se pone el motor en marcha, pero, en el sistema T.A.C. esto no es necesario debido a su excelente comportamiento a pocas revoluciones del motor.

Bobina especial. La primera ventaja del encendido a transistores consiste en que por el ruptor pasa una corriente muy reducida y, la segunda, que se utiliza una bobina que permite formar un campo magnético más intenso y, como consecuencia, en el secundario se obtiene una tensión más elevada que es, en último término, el factor más importante para producir una chispa poderosa.

En efecto, la energía almacenada en un campo magnético varía según la fórmula siguiente:

$$\text{energía magnética} = (\text{inductancia} \times \text{intensidad}^2) \div 2$$

Esto nos indica que depende del valor de la inductancia del devanado del primario de la bobina, el cual se multiplica por el cuadrado de la intensidad que lo recorre *en el momento de la apertura de los contactos.*

Ahora bien, si el valor de esta intensidad es pequeño, como sucede en el caso del encendido a ruptor antiguo, por estar limitado a las posibilidades de trabajo de los platinos del ruptor (poca intensidad de ruptura) es

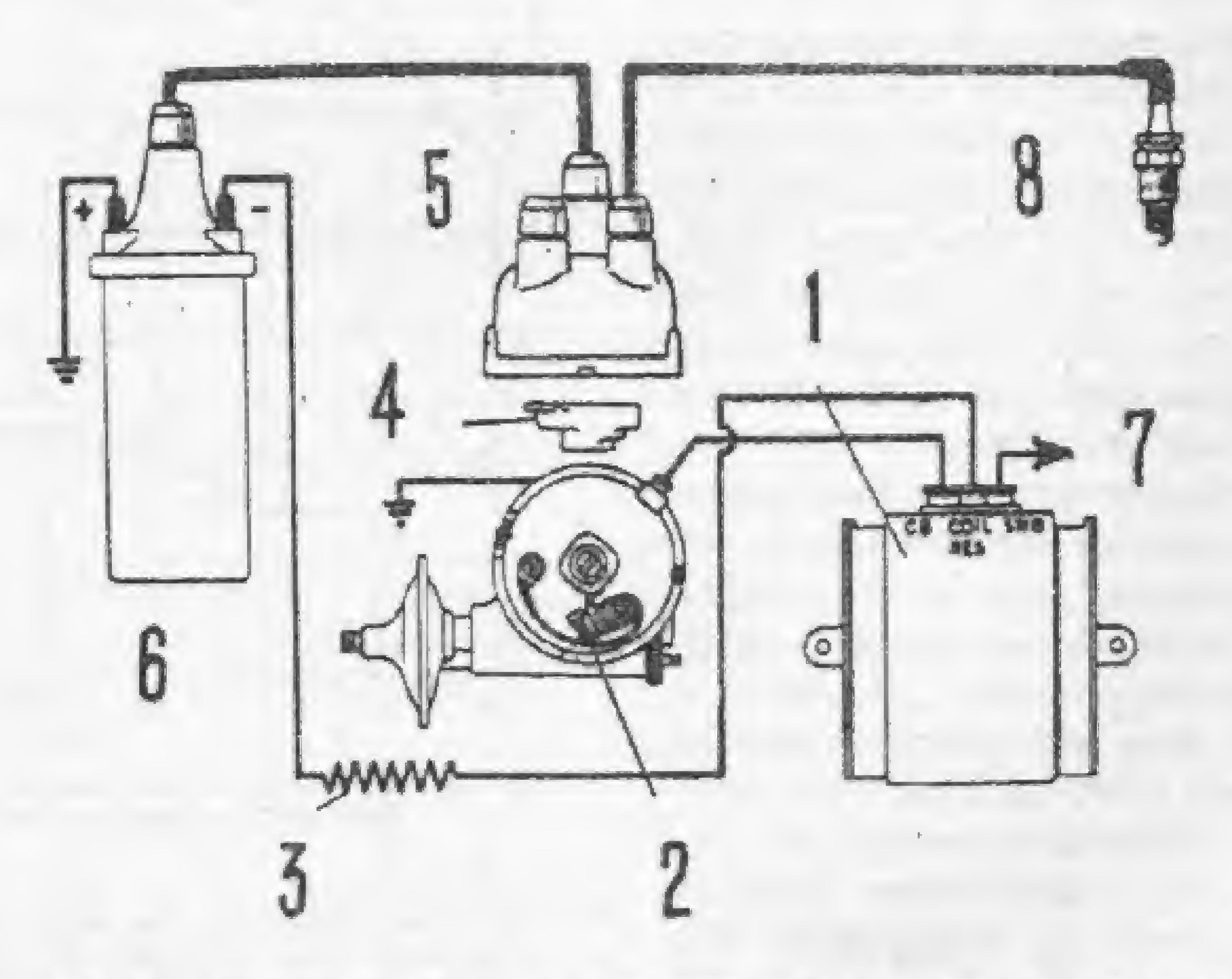


Fig. 46. Representación de los elementos que componen la instalación "Lucas". (1) unidad electrónica; (2) ruptor; (3) Resistor protector; (4) dispositivo de conexión; (5) distribuidor; (6) bobina; (7) conexión; (5) distribuidor; (6) bobina; (7) conexión de la puesta en marcha; (8) bujía.

necesario utilizar bobinas de un valor de inductancia elevada. En efecto, vemos en la fórmula anterior que si disminuye el valor de la intensidad, para obtener un mismo campo magnético es necesario aumentar el valor de la inductancia.

Consideremos todavía otro aspecto muy importante. Para formarse un campo magnético en un circuito inductivo, como ocurre en un transformador (bobina), la corriente no adquiere instantáneamente su valor máximo, sino que tiene que ir creciendo, lo cual requiere un tiempo, muy pequeño, desde luego, pero importante en proporción a la rapidez en que se suceden los cierres y aperturas del ruptor: cuanto mayor es el valor de la inductancia mayor es el tiempo requerido para la formación completa del campo magnético. Esto explica la limitación del número de revoluciones a que puede funcionar un motor a explosión con un sistema de encendido a ruptor solamente: el tiempo en que están en contacto los platinos del ruptor no es suficiente para que el campo magnético alcance su valor máximo, antes que esto ocurra ya se produce la ruptura lo cual produce una chispa cada vez más pobre (a medida que va aumentando la velocidad del motor) por la poca intensidad alcanzada por el campo magnético. Desde luego, para un número limitado de rpm del motor térmico, digamos unas 3 000, el ruptor aún puede cumplir satisfactoriamente su misión, pero, para velocidades superiores, ya necesita la cooperación del transistor.

Puesto que el maravilloso transistor DT 6105, de Lucas, es capaz de interrumpir corrientes primarias más intensas, muchísimo mayores que las que puede cortar el ruptor tradicional, es evidente que puede emplearse una bobina de inductancia más pequeña en el primario (ver la fórmula) con la evidente ventaja de que los efectos de aumento de la intensidad crecen con el cuadrado de su valor. Además, necesitándose menos tiempo para la total formación del campo magnético al reducirse el valor de la inductancia, resulta que el sistema T.A.C. produce una magnífica ignición en altas velocidades del motor del coche.

Conjunto de la instalación. Representamos en la figura 46 los elementos que componen el sistema T.A.C. Pueden identificarse con el esquema ya dado, de la figura 45, ahora vistos en su aspecto físico.

Deducimos que la adaptación de este sistema a un coche con el sistema antiguo de ignición queda reducido a cambiar la bobina, colocar la resistencia R, e intercalar la unidad electrónica haciendo las conexiones que indica claramente cada cable.

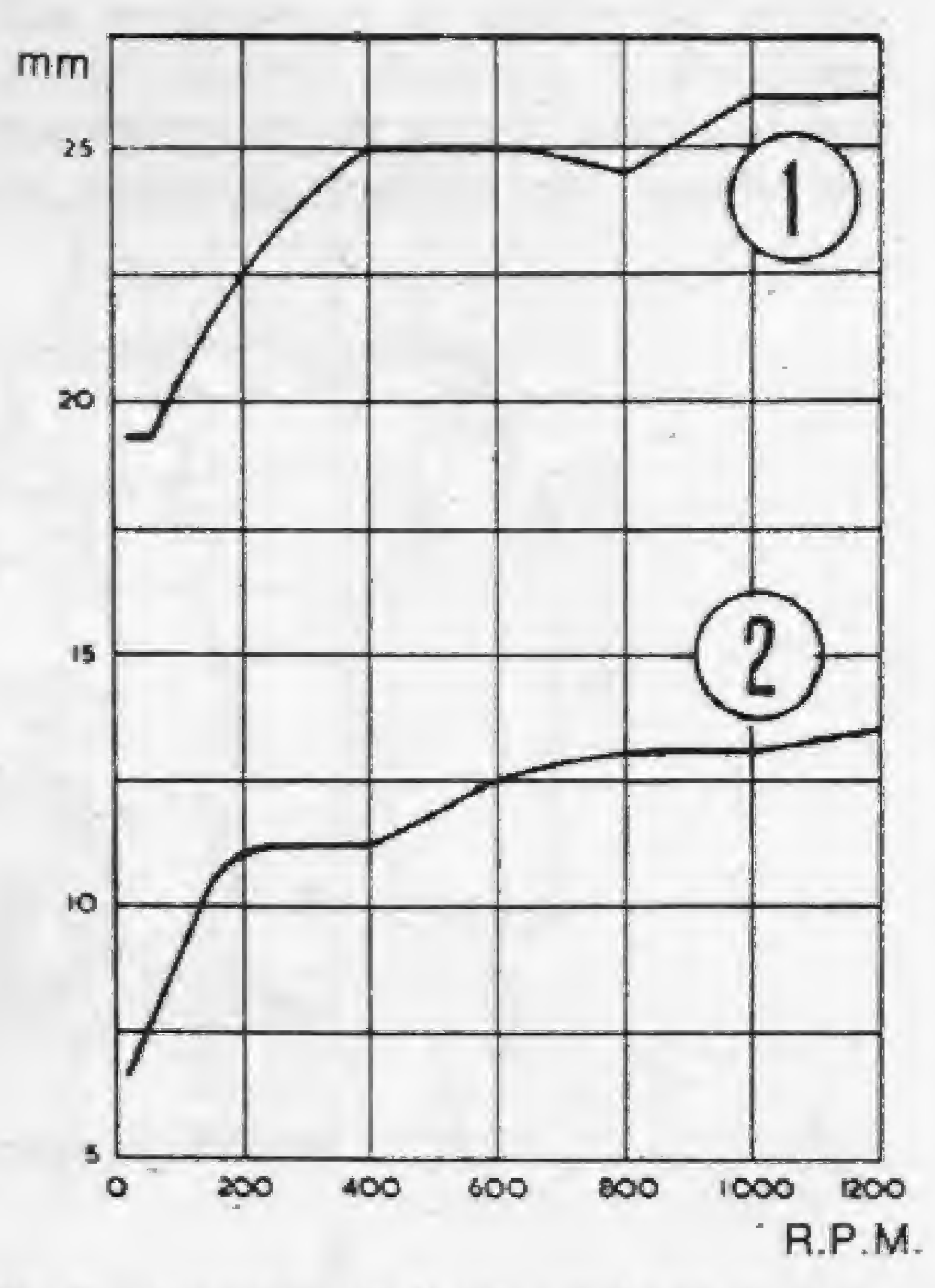


Fig. 47. Comparación de las longitudes de chispa obtenidas. Con el T.A.C. (1); en (2) se representan las obtenidas con el sistema usual.

Comparación de resultados. Gráficamente podremos comparar la diferencia que existe entre un sistema de ignición antiguo y el obtenido aplicando el sistema T.A.C. La figura 47 indica las longitudes de las chispas que se obtienen, expresadas en milí-

metros, mientras que la figura 48 representa los resultados obtenidos, en millares de voltios, de los valores máximos (picos) en el secundario, en el sistema T.A.C. y el tradicional, primero con el circuito abierto y después con el circuito cerrado con una resistencia de carga de un megaohmio (un millón de ohmios).

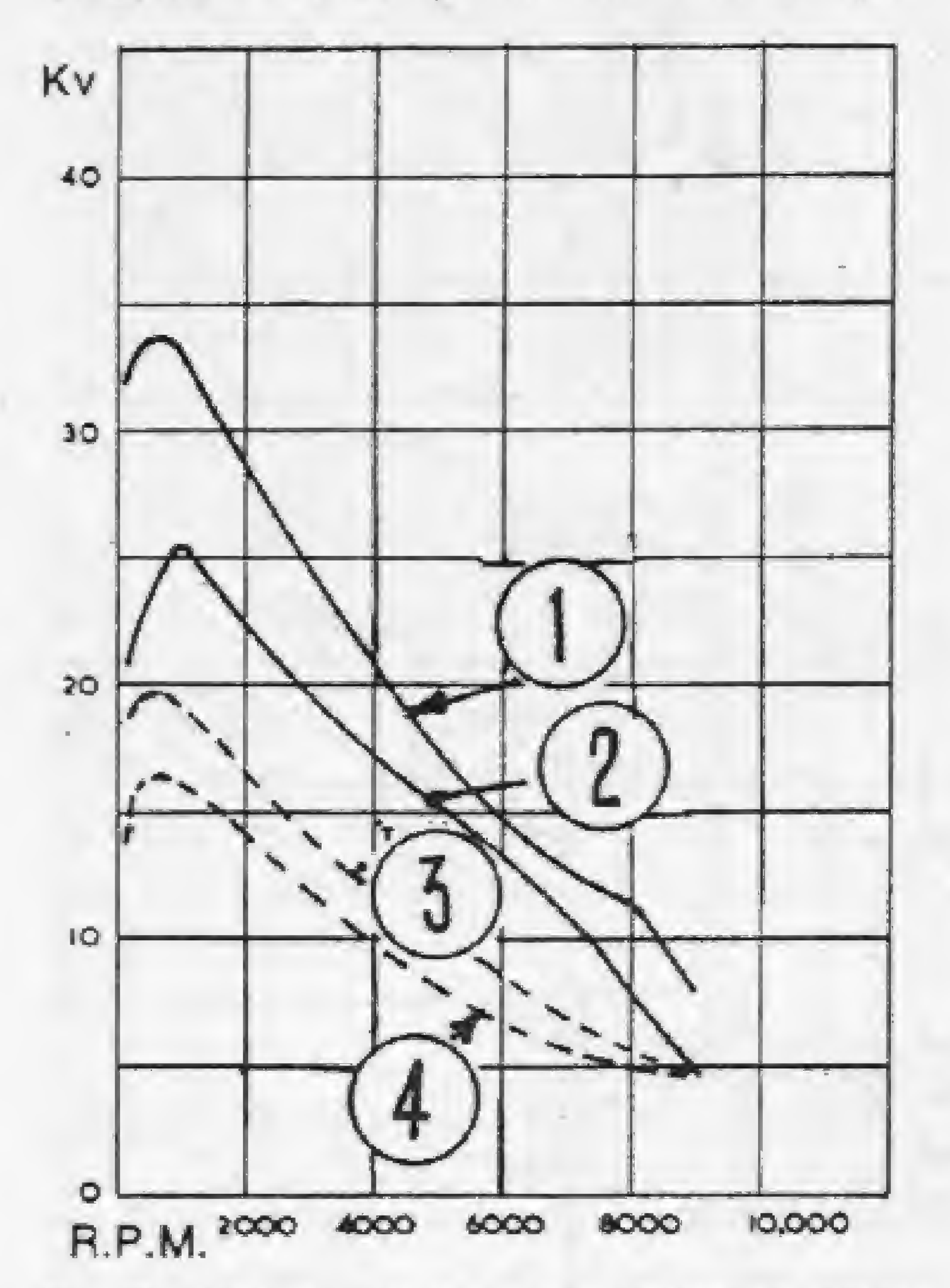


Fig. 48. Valores de las altas tensiones, máximas, obtenidas con el T.A.C. En (1) con secundario cerrado, en (3) con secundario abierto; en (2) se indica el valor obtenido como máximo con el sistema tradicional, abierto y, en (4), cerrado.

Sistema transistorizado Bosch. Esta gran compañía alemana fabrica asimismo un equipo de ignición transistorizada, adaptable a los coches que tienen el sistema tradicional de encendido, para sustituirlo y mejorar su funcionamiento.

Esencialmente, se compone de un equipo similar al ya descrito, siendo las diferencias más notables la disposición y agrupación de los elementos.

El sistema Bosch se utiliza en los coches que tienen la batería conectada con el polo negativo a la masa (chasis), y por consiguiente, se emplean transistores tipo P, o sea, P-N-P, de germanio.

El sistema Bosch, de ignición transistorizada, se representa en la figura 49. Caracteriza a este equipo que la bobina (1) y la unidad electrónica (2) que contiene los transistores y otros elementos complementarios, están reunidos juntamente en una sola unidad (3).

El funcionamiento de este equipo puede resumirse así. El ruptor (4) envía los cortes de la corriente de la batería a las bases de los transistores contenidos en (2) mediante el conductor (5); los transistores se hacen conductores en tales momentos y envían, amplificados, estos impulsos de corriente al circuito primario de la bobina (1), contenida en la parte inferior de (3). La alta tensión del secundario sale por el conductor (6) y

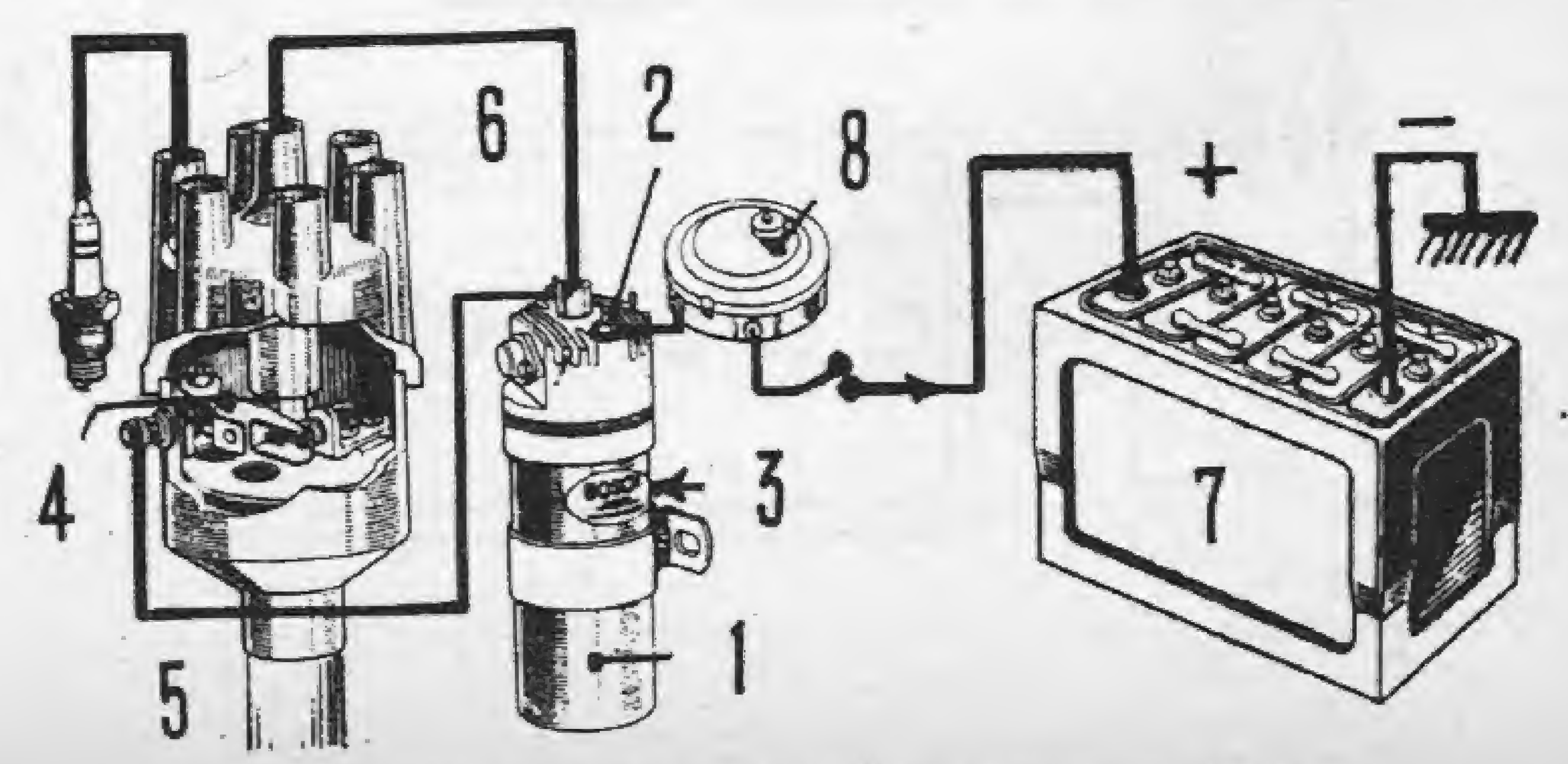


Fig. 49 Disposición general de la ignición a transistores. Bosch

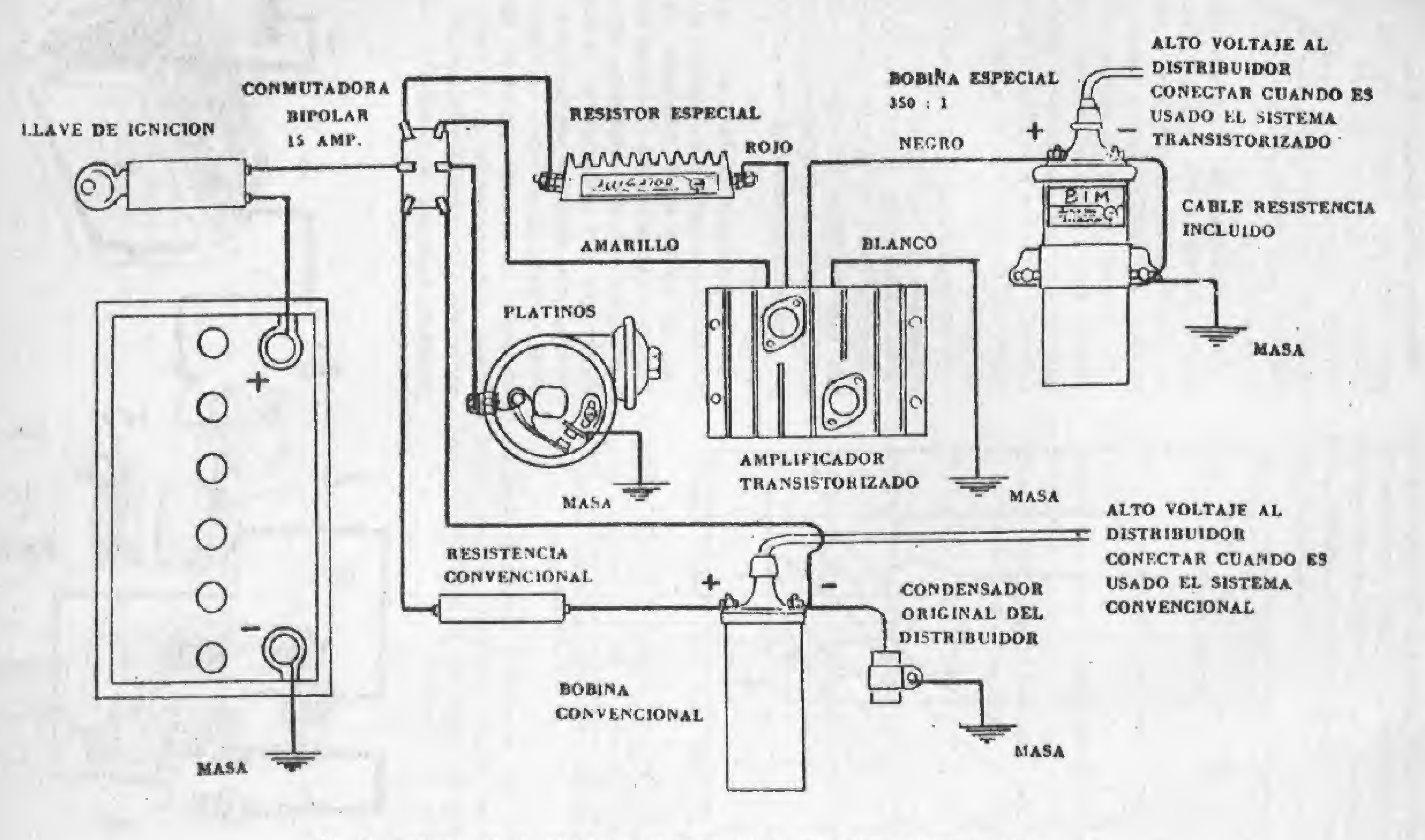


Fig. 50. Conjunto de la instalación de encendido a transistores sistema B.I.M.

penetra en el distribuidor de alta tensión para aplicarse a la bujía que le corresponda.

Todo el sistema es alimentado por la corriente de la batería (7) que se aplica en la entrada de la unidad electrónica (2) a través del resistor (8) conectado en serie con la bobina; se utiliza solamente cuando se pone el motor en marcha para limitar la intensidad que pasa por el primario en el momento del arranque; en cuanto el motor ya funciona esta resistencia se deja inactiva.

La unidad (3) tiene en su parte superior el equipo electrónico, encerrado en una cápsula metálica con aletas, para aumentar la superficie de refrigeración. Estas precauciones son necesarias porque el transistor empleado es de germanio, el cual requiere mayor enfriamiento que el de silicio y, además, soporta menos temperatura.

Sistema B.I.M.

Esta empresa construye sistemas de encendido a transistores de varios tipos, adaptables a coches con la batería con el chasis al positivo y al negativo. Vamos a describir el modelo "Alligator 2T-30", de dos transistores, con el negativo a masa.

Este equipo está representado en la figura 50, viendo que se compone de tres partes esenciales: 1) el amplificador transistorizado; 2) la bobina especial, elevadora de tensión; 3) el resistor. Describiremos estas tres unidades siguiendo las explicaciones brindadas por sus mismos fabricantes dando previamente algunos resultados de experiencias realizadas en su laboratorio.

El método convencional de encendido tiene el grave inconveniente de que cuando el motor gira a muchas revoluciones (a partir de 3 000) la tensión del secundario disminuye rápidamente porque no se puede formar totalmente el campo magnético, debido al poco tiempo que está cerrado el circuito primario. Es así que vemos en la figura 51 que en las primeras 3 000 rpm no hay inconvenientes, siendo el límite de las 4 000 rpm a partir del cual ya el voltaje requerido por el sistema de ignición es superior al que produce el ruptor del sistema tradicional. En esta misma figura vemos los resultados obtenidos con el sistema tran-

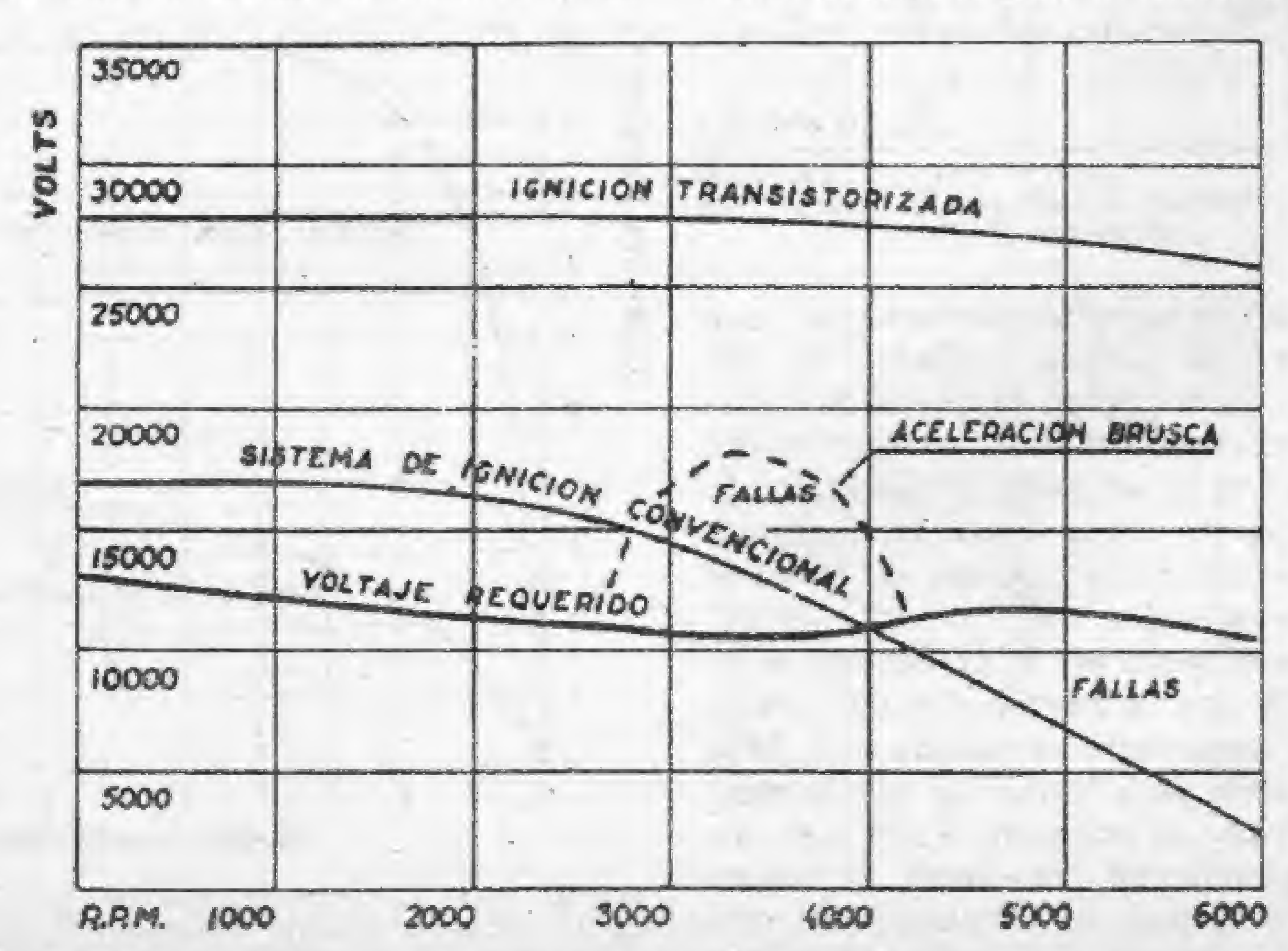


Fig. 51 Comparación de las tensiones obtenidas con el sistema tradicional de ignición y las que produce el sistema B.I.M. a transistores.

sistorizado, que se mantiene en 28 000 V hasta las 4 000 rpm y desde entonces empieza a declinar para llegar a unos 26 000 V a 6 000 rpm. Estos gráficos son muy ilustrativos, pues demuestran que en el sistema antiguo a partir de las 4 000 rpm las fallas de la ignición aumentan con la velocidad y que entre las 2 800 y 4 200 rpm es donde se producen más fallas de explosiones al hacerse una acelerada brusca.

En el circuito de los platinos del sistema B.I.M. sólo circula la corriente de base del transistor, cuya disipación calórica en los contactos del interruptor se determinó que es de 12 W, representado en la figura 52, mientras

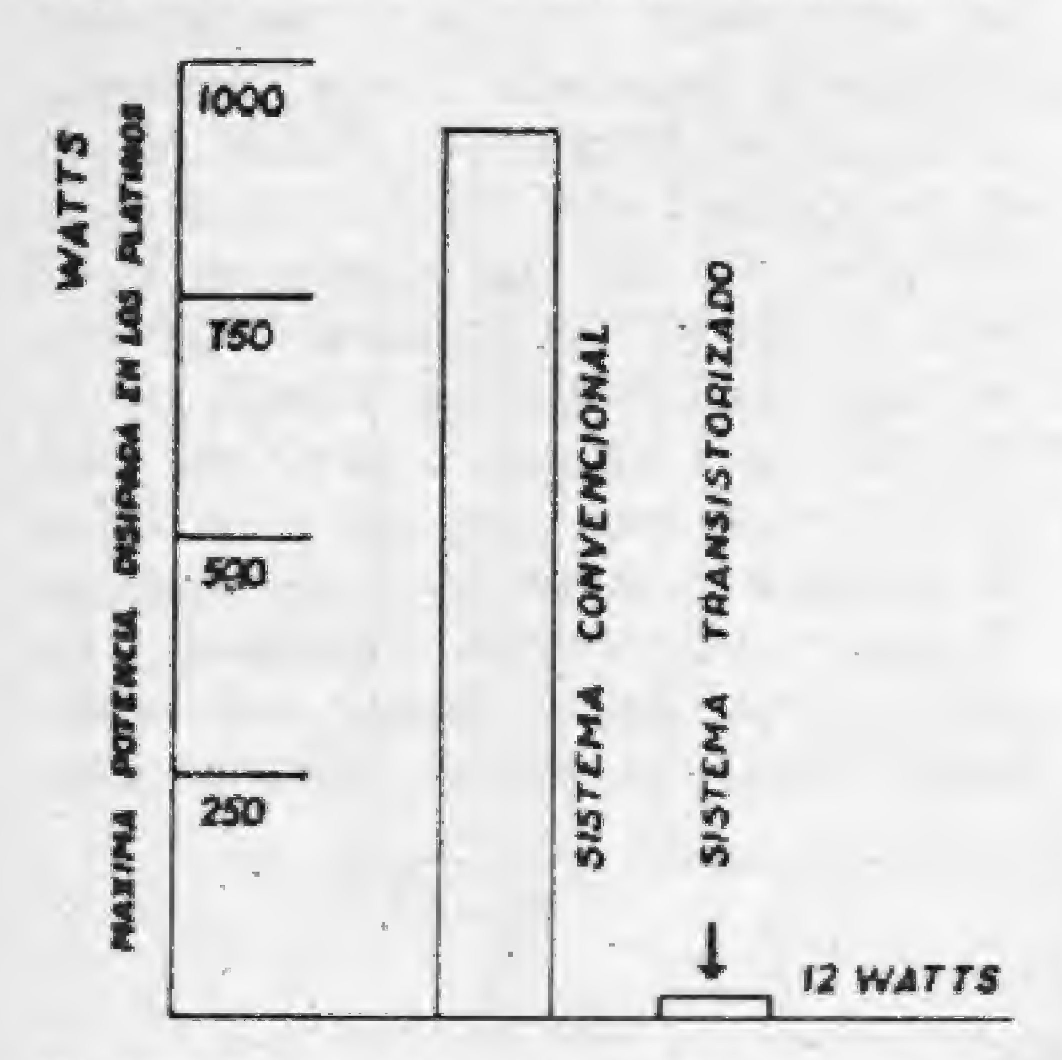


Fig. 52. Potencia disipada por los platinos con el sistema B.I.M.

que en un circuito convencional, por el que pasa toda la corriente del primario, es del orden de cerca de 1 kW. Evidentemente, al reducir la corriente del primario se evita el deterioro de los platinos y las fallas del funcionamiento que ellas originan en el sistema de ignición.

Hemos visto en el gráfico de la figura 50 que la disminución del voltaje en el secundario es debida a la falta de tiempo para formar el campo magnético por el primario. Pues bien, en la figura 54 se representa el tiempo necesario para la formación de este campo magnético en el sistema tradicional de encendido que, para obtener una corriente de 3 75 A en el primario, a través de los platinos, se necesitan 8 milésimas de segundo (casi un centésimo) lo cual limita el nú-

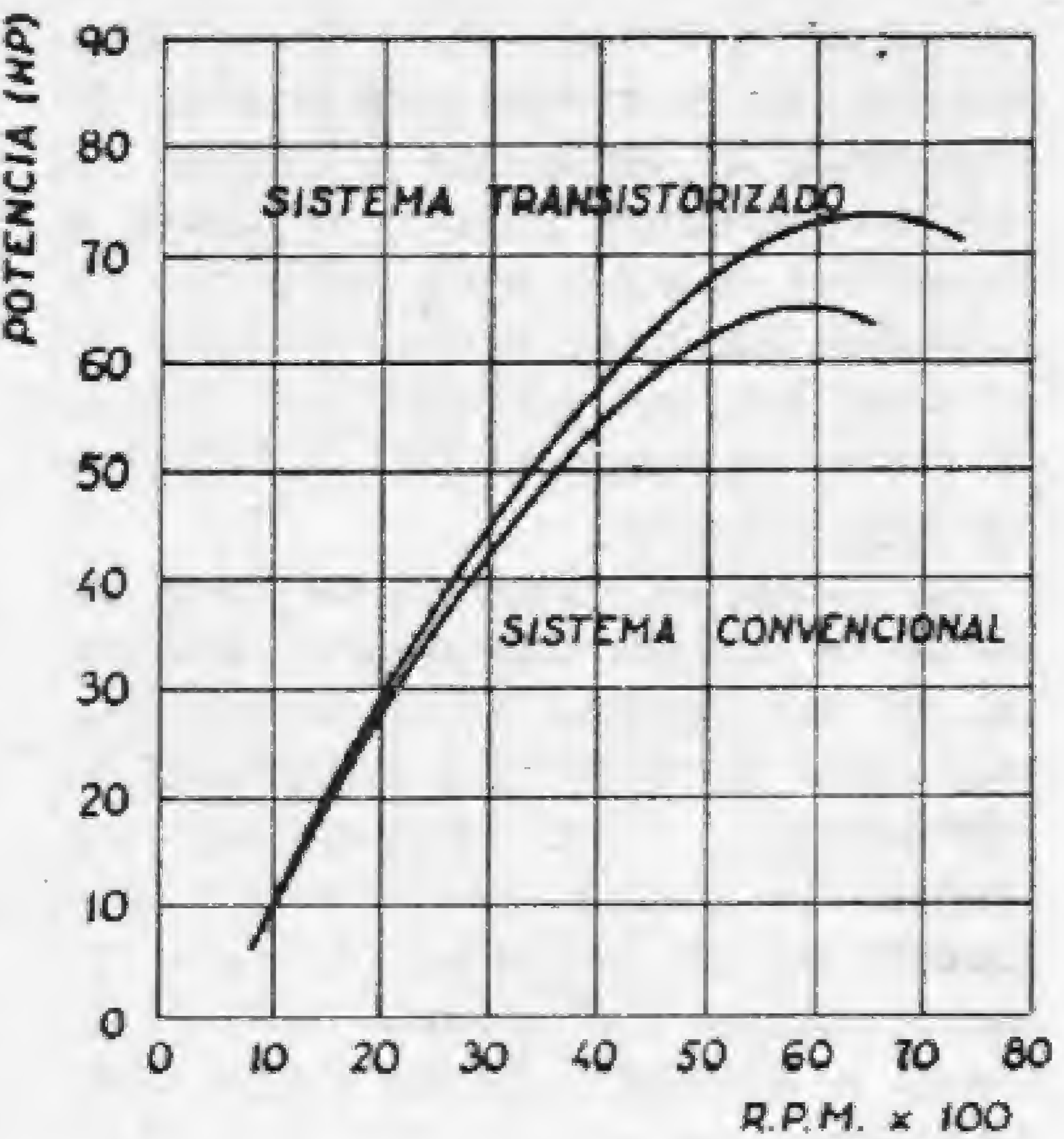


Fig. 53. Comparación de la potencia de un mismo motor funcionando con ignición transistorizada, B.I.M., y con el encendido convencional.

mero de igniciones que pueden hacerse por segundo en las mejores condiciones; en cambio, con el sistema

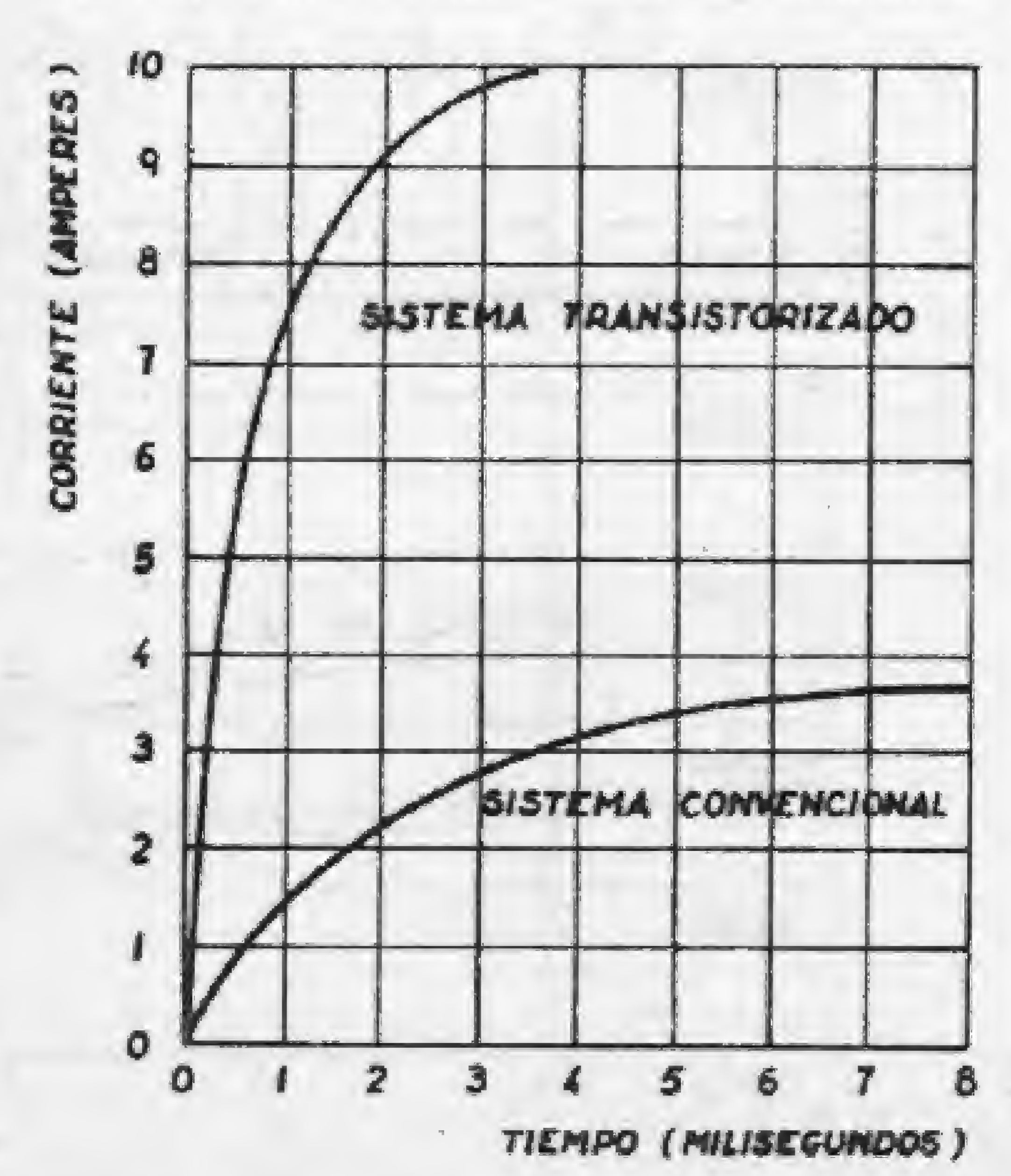


Fig. 54. Valores de las intensidades que se obtienen con el sistema transistorizado y el convencional en un tiempo dado: a los 3 milisegundos es de casi 10 A en el primero y de sólo 2.8 A en el segundo.

empleado en el Alligator, 2T-30, representado en la misma figura 54, observamos que en menos de 4 milisegundos ya se obtiene una corriente de 10 amperios, constante, que proporciona una tensión mucho más elevada aún en las velocidades más reducidas del motor del coche.

Al no fallar explosiones se aprovecha mejor el combustible, el cual se inflama totalmente, al perforarse la mezcla aún en altas compresiones y en forma prácticamente instantánea, al recibir chispas de tal potencia calórica. Desde luego es a partir de las 3 000 rpm donde más se evidencian estos resultados, indicándose en los gráficos de la figura 53 la ganancia de potencia registrada en los ensayos practicados con un coche de 1 500 cc de cilindrada, de una marca europea mundialmente conocida. La performance fue perfecta.

Vamos ahora a describir los tres elementos fundamentales que constituyen el sistema de ignición transistorizada B.I.M.

Amplificador transistorizado. Se compone de 2 pasos de amplificación a transistores cuya misión es recibir los cortes de corriente de los platinos (conectados a su base) y transformarlos en interrupciones de la corriente de la batería al primario de la bobina (conectada al colector del transistor). Es necesario que el corte de la corriente que alimenta el primario de la bobina se efectúe a muy alta velocidad, puesto que la tensión que aparece en los bornes del secundario depende precisamente de esta velocidad de corte; por esto los transistores empleados en este sistema son de alta velocidad y respuesta instantánea, además, permiten el paso de intensidades mucho mayores que las requeridas por su funcionamiento: el consumo de este equipo es de unos 6 A y los transistores empleados soportan normalmente hasta 15 A indefinidamente.

Al producirse el corte de la corriente del primario, produce en este circuito una contratensión de unos 50 V, que se aplican a los transistores, pero éstos pueden soportar esta tensión ampliamente, no obstante este equipo tiene diodos de protección para derivar cualquier sobretensión accidental y así preservar a los transistores.

El esquema general de las conexiones y elementos que componen el modelo 2T-30 que estamos comentando se representa en la figura 55.

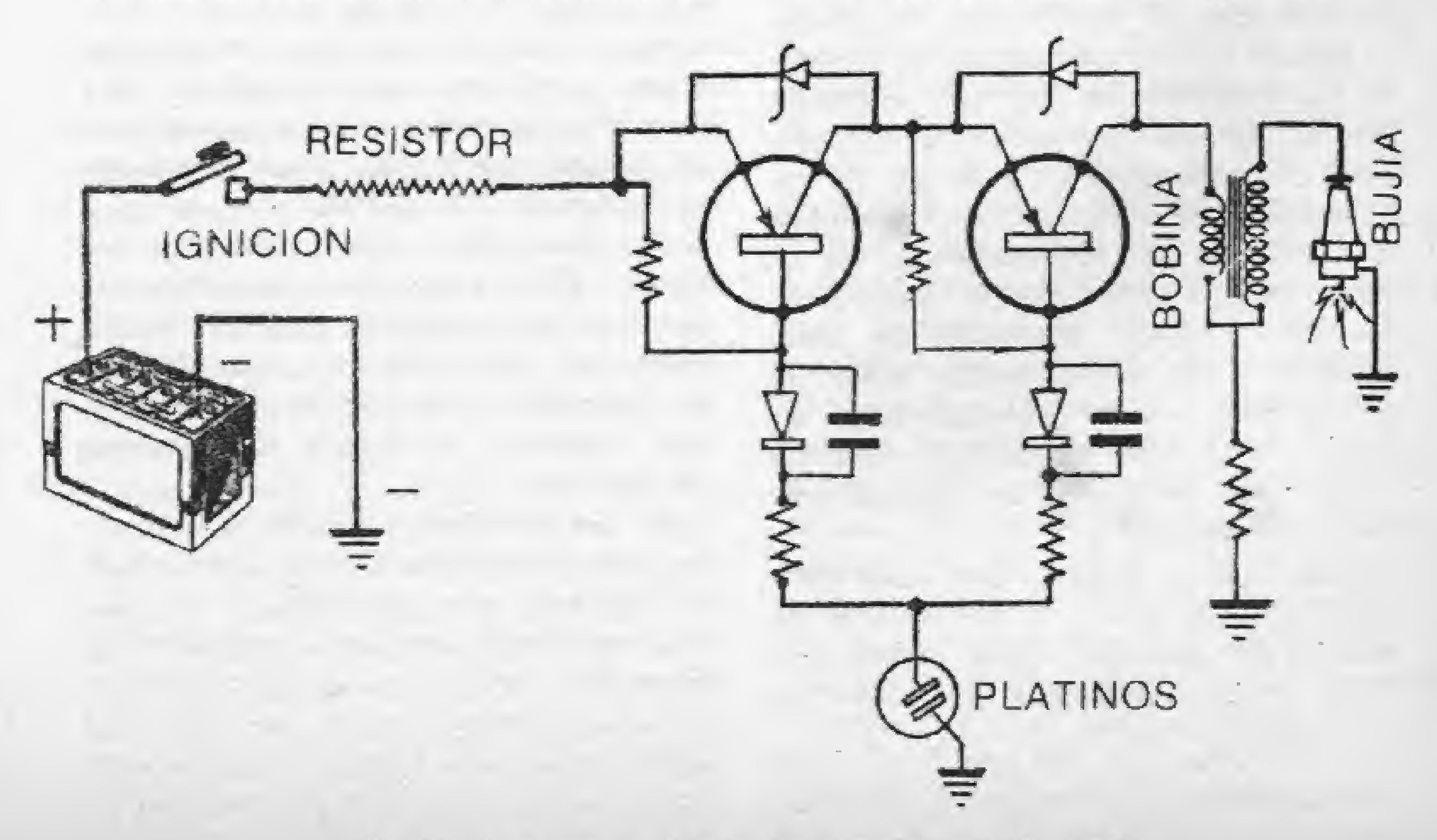


Fig. 55. Esquema del equipo transistorizado 2T-30. B.I.M.

Bobina especial. Se construyen de dos tipos, adaptadas a los equipos de 1 transistor y de 2 transistores. Para utilizarse con las unidades amplificadoras de 1 transistor la relación de espiras entre primario y secundario es de 350 : 1, mientras que cuando se emplean amplificadores de 2 transistores' entonces la relación entre espiras es de 450 : 1.

Es muy importante destacar que las bobinas usuales, empleadas en los sistemas convencionales de ignición, tienen relaciones comprendidas entre 80 : 1 y 100 : 1 solamente. Esta limitación es debida a que la reducida superficie de los platinos no permite contratensiones elevadas que se traducen en fuertes densidades de corriente en el ruptor convencional, de donde la necesidad de conectar en sus bornes un condensador para absorber esta energía.

La bobina especial empleada en el equipo B.I.M. entrega en el secundario 28 000 V en el modelo de 1 transistor, y 32 000 V en el de 2 transistores, con una caida de intensidad de 10 A a 0 A en forma prácticamente instantánea, ya que se cifra en unas pocas millonésimas de segundo.

La impedancia del circuito primario es de 1 milihenrio solamente, lo cual permite que el núcleo de la bobina se sature en un tiempúsculo de menos de una milésima de segundo, mientras que el sistema convencional requiere unos 8 milisegundos de donde la imposibilidad de saturar completamente el núcleo y en consecuencia, en el mejor de los casos, en el secundario sólo se obtienen tensiones de unos 15 000 V, y las consecuentes fallas de explosiones, muy especialmente en tiempo frío, que es cuando más se ponen en evidencia las dificultades en el arranque.

Esta bobina genera una contratensión de unos 50 V. Al construirse es secada en caliente, tiene aceite aislante como dieléctrico y sellada en alto vacío.

El resistor. Se instala en los coches que tienen batería de 12 V. Tiene una resistencia de 0,5 ohmio, estando construida con alambre de cromoníquel y sus dimensiones le permiten un paso de corriente de 20 A.

Está colocada en una caja de aluminio fundido, la cual tiene unas aletas para aumentar su superficie en contacto con el aire y, con ello, la disipación del calor que genera el resistor. Está sellada en cemento refractario.

Resultados comparativos

Resumiremos las indiscutibles ventajas de los sistemas transistorizados comparados con el antiguo sistema tradicional de encendido. Para hacer más evidentes los resultados haremos comparaciones numéricas de las distintas partes que se relacionan con el equipo de ignición.

Platinos y capacitor. Con el sistema tradicional la corriente que pasa por el ruptor en el momento de separarse los contactos tiene una intensidad de 3 a 5 A, aplicándoseles en ese instante, una contratensión de unos 300 V. Tomando el promedio de 4 A, resulta que la potencia eléctrica que aparece bruscamente en forma de chispazo entre los platinos es de 4 A × 300 V = 1 200 W.

Para evitar el deterioro de los platinos, que tienen una superficie muy pequeña, se deriva esta potencia (que se transformaría en calor, mediante una chispa) absorbiéndola un condensador conectado entre los bornes del ruptor. El condensador absorbe buena parte de esa potencia (más de 1 kW), pero de todas maneras, los platinos se calientan y deterioran, teniéndose que reajustar el afinado del sistema de ignición.

En los sistemas transistorizados, como que los platinos sólo dejan pasar la corriente que se aplica a la base del transistor, que está comprendido entre 0,5 y 0,8 A y la tensión es la de la batería solamente, o sea, de 6 V ó 12 V, según los casos, resulta que, como máximo, los platinos reciben un impulso de: 0,8 A × 12 V = 9,6 W en

números redondos, 10 W. Estos 10 W es la potencia que disipará el arco eléctrico (chispa) que se formará entre los platinos: es tan reducida, que puede suprimirse el condensador, no teniendo ninguna dificultad los platinôs en disiparla por radiación. Se estima en más de 150.000 km lo que puede recorrer un auto sin que sea necesàrio renovar los platinos asegurando así un ajuste del sistema que, en la mayoría de los casos, puede estimarse en la duración de la vida útil de un automóvil.

Arranque en frío. Las dificultades de producir la ignición cuando el motor está frío se acentúan debido a que el motor de arranque absorbe una gran cantidad de energía de la batería, casi equivalente a producir un cortocircuito, debido a la reducida resistencia que tiene el bobinado del inducido. Es evidente que esta caída de tensión de la batería empobrece en un 80 % la tensión que debería recibir el primario, de donde resulta lo que puede calificarse de verdadero desastre para la vida de la batería, y una tensión insuficiente aplicada al sistema de ignición: dos causas que se suman, negativamente.

Si tenemos en cuenta que estas deficiencias ocurren precisamente en los momentos que más se necesita la máxima tensión de la batería, para que se aplique a las bujías la tensión más elevada posible (para contrarrestar la condensación de la mezcla en los cilindros fríos, etc.) se hace evidente la causa fundamental de las dificultades de poner en marcha un motor estando frío y en tiempo de invierno.

Ahora bien, el mejor sistema convencional de encendido, en las mejores condiciones de funcionamiento, óptimo, puede llegar a producir en el secundario una tensión de hasta 15 000 V que, en el momento del arranque en frío, desciende fácilmente a menos de 10 000 V. En cambio, con el sistema transistorizado, general, normalmente aplica a las bujías unos 28 000 V que, en el momento del arranque en frío, puede descender a unos 25 000 V, que es más que suficiente para poner el motor en marcha, pues en estas condiciones se producen chispas poderosas, de alta temperatura, que inflaman inmediatamente la mezcla, aunque ésta esté fría.

Las dificultades del arranque en frío son la causa de la ruina de las baterías, debiéndose primero recargarse con frecuencia y, por fin, cambiarse por otra nueva. La ignición transistorizada elimina totalmente estos inconvenientes.

Velocidad del motor. Si consideramos un solo cilindro de un motor de un automóvil, es evidente que produce una determinada potencia, a cada 2 revoluciones del eje motriz, al cumplirse un ciclo de 4 tiempos. Por consigüiente, a medida que aumentemos el número de revoluciones iremos multiplicando por este número la potencia producida por nuestro cilindro.

Los fabricantes de automóviles, para aumentar la potencia de sus motores, han ido aumentando el número de revoluciones por minuto, y ahora ya se fabrican motores que funcionan a más de 6 000 rpm, llegando en ciertos casos especiales a más de 8 000 rpm. Desde luego, la potencia de un cilindro se multiplica por el número que de ellos tenga un motor; de ahí que ya es usual emplear motores de 6 cilindros, y, con mayor frecuencia, de 8 cilindros.

Pues bien, como que a cada 2 revoluciones del eje motriz se produce una explosión en cada cilindro, es evidente que un motor de 4 cilindros produce 2 explosiones a cada revolución, y si gira a 3 000 rpm ya se producen 6 000 explosiones por minuto, o sea, 100 por segundo, debiendo recordar que el ruptor debe funcionar a este ritmo y los platinos permanecer cerrados la mayor parte posible del tiempo, para que se pueda formar el campo magnético en el núcleo, y luego, en el instante de la ruptura, producir la corriente de alta tensión en el secundario, que se aplica a las bujías. Si recordamos que se

necesitan unas 8 milésimas de segundo para saturar el núcleo y formar el campo magnético, ya vemos que, para 3 000 rpm, el sistema antiguo funciona bien, pues se puede repartir el centésimo de segundo en 8 partes para formar el campo (0,008") y 2 partes (0,002") para la ruptura, en total: 0,008 + 0,002 = 0,010", o sea 1 centésimo de segundo. En resumen la velocidad del motor está limitada por el tiempo que se requiere para producir el encendido debidamente.

Para velocidades superiores ya no hay tiempo para la formación del campo magnético de la bobina y por lo tanto funciona mal; se induce en el secundario poca tensión y las bujías no producen las chispas potentes que garantizan una buena inflamación de la mezcla; faltan explosiones y el rendimiento del motor disminuye. La utilización de dos juegos de ruptores en los motores de 8 cilindros no tiene otro objeto sino suplir esta deficiencia parcialmente.

En cambio si se utiliza el sistema transistorizado entonces es posible aumentar las revoluciones del motor y obtener una inflamación completa de la mezcla comprimida. En efecto, como que el tiempo requerido para la formación del campo queda reducida a unas 2 milésimas de segundo, resulta que puede aumentarse el número de rpm. Se ha comprobado, prácticamente, que con un motor de 6 cilindros 4 tiempos, se pueden alcanzar 14 000 rpm con un encendido eficiente, lo cual equivale a 700 explosiones por segundo. Desde luego, un motor que gire a tan elevadas velocidades debe estar equilibrado dinámicamente en todas sus partes giratorias.

Bujías. Con la ignición transistorizada las bujías se benefician grandemente, puesto que reciben unos 28 000 V en vez de los 15 000 V del sistema tradicional. No habiendo fallas de las explosiones, no queda mezcla sin inflamar, y por lo tanto no quedarán residuos que empasten las bujías en forma acumulativa, inutilizando su función, aumentando con ello la deficiencia del encendido. Por esto, cuando se instala en un coche el sistema transistorizado, es aconsejable cambiar las bujías por otras nuevas, pues éstas podrán funcionar durante más de 100 000 km sin requerir ninguna atención.

Afinación de la ignición. Puesto que por los platinos del ruptor sólo pasa una intensidad de unas 8 décimas de A, que no produce ninguna alteración ni desgaste, cuando se emplea el sistema transistorizado, resulta que una vez bien ajustado el ruptor, se mantiene en estas condiciones durante un largo tiempo, equivalente a un recorrido del coche de más de 100 000 km.

Esto tiene una gran importancia puesto que cada vez que se retocan los platinos es necesario reajustar los reguladores centrífugos y de vacío del avance de la chispa. Esto redunda en una notable economía del mantenimiento del coche.

Batería de acumuladores. Es la parte más vulnerable de un automóvil. Con el sistema tradicional de encendido se agota y su vida es muy corta. Ya hemos considerado lo que sucede en los arranques del motor frío, que es lo que más la perjudica, por funcionar casi en cortocircuito hasta que el motor arranca.

En el sistema transistorizado el arranque es instantáneo, pues al aplicar a la mezcla comprimida en cualquiera de los cilindros un potente chispazo de unos 30 000 V, aquélla explota abruptamente poniéndose el motor en marcha inmediatamente; el tiempo requerido es mínimo, y la batería no sufre ningún deterioro.

Tales son, resumidas, las ventajas de la ignición transistorizada con respecto del sistema antiguo, que se ha utilizado durante medio siglo, sin que hubiese recibido ninguna mejora realmente importante. A continuación veremos que la ignición electrónica todavía representa otra ventaja más, debido a que se suprime el ruptor mecánico definitivamente.

Capítulo II

LA IGNICION ELECTRONICA INTEGRAL

Consideraciones generales

En este sistema de ignición no hay ningún dispositivo mecánico para interrumpir la corriente del primario; se prescinde del ruptor y, con él, todos sus inconvenientes.

En la ignición electrónica integral se sustituye el ruptor vibratorio por un impulso eléctrico procedente de un generador exterior. Este impacto de energía eléctrica se aplica al circuito de la base del transistor, el cual funcionará mientras dure esta excitación, pasando en tales condiciones la corriente de la batería por el primario de la bobina; en cuanto deje de excitarse el circuito de la base, el transistor interrumpe su funcionamiento y el primario queda inactivo, desapareciendo el campo magnético, produciéndose entonces todo el proceso ya conocido: se induce en el secundario una alta tensión que se aplica a las bujías en el orden correspondiente.

De entre los varios sistemas que se han propuesto para generar esta pequeña cantidad de energía eléctrica que se necesita para activar el circuito de la base del transistor, hay actualmente dos procedimientos que parece serán los que se aplicarán en los automóviles. El primero, adoptado en Inglaterra, Estados Unidos, etc., consiste en un diminuto generador de electricidad, semejante a un alternador especial; el segundo sistema ha sido ideado en Francia y lo construye la casa Ducellier, el principio de cuyo funcionamiento se basa en utilizar destellos luminosos (interrumpidos sincrónicamente con el eje del motor) los cuales se aplican a una célula fotoeléctrica; esta célula transforma la luz en electricidad y el impulso de energía eléctrica resultante se aplica al circuito de la base del transistor, haciendo funcionar todo el sistema de ignición en la forma que ya conocemos.

El procedimiento que hasta ahora ha tenido más aplicación práctica es el del pequeño impulsor electromagnético, que lo construye la Delco-Remy en América y la Bosch en Europa. El sistema óptico no tiene tanta difusión.

Describiremos a continuación el sistema de ignición electrónica a impulsos eléctricos.

IGNICION ELECTRONICA A IMPULSOS

Principio de su funcionamiento

Trataremos con bastante extensión este sistema de encendido electrónico porque será probablemente de los que tendrá más aplicación en el futuro del automovilismo.

En la figura 56 se representa el esquema que figura en la Patente de Invención de la General Motors Co. de "Un sistema de ignición a transis-

tores sin ruptor" (El redactado es característico de las Patentes de Invención).

"En un dispositivo de ignición de los motores a combustión interna la corriente que pasa por el devanado primario de una bobina de ignición es gobernada por un transistor que posee un par de bornes de transmisión de la corriente y un borne de mando que está adaptado para gobernar la conducción de dicho elemento y que está conectado a un generador de impulsos, apto para ser accionado en sincronismo con el motor y a producir, en ejercicio, una tensión de salida compuesta de dos impulsos de tensión falseados en el tiempo y sobreponiéndose parcialmente. El periodo de bloqueo del transistor es así aumentado respecto a su periodo de conducción, el que permite obtener un mejor funcionamiento de las bujías alimentadas del dispositivo de ignición".

Hemos empezado desde su misma raíz la descripción de este sistema, pasando ahora a describirlo en su aspecto real, físico.

Efectos magnetoeléctricos

Veamos los fenómenos que suceden en el órgano fundamental de este sistema de ignición a impulsos.

Consideremos un imán en forma de C, cuyo campo magnético se cierra en el aire. Es evidente que si en el espacio comprendido entre los dos brazos colocamos una bobina, será atravesada por las líneas de fuerza, pero sin ningún efecto, puesto que el campo magnético permanece sin variación alguna (fig. 57).

Si ahora hacemos variar la *posición* de dicho campo, sin mover la bobina ni el imán, el desplazamiento de las líneas magnéticas "cortarán" las espiras, generando en ellas una fuerza electromotriz (f.e.m.) de inducción. Ahora bien, para desplazar el campo magnético podemos utilizar el siguiente procedimiento: si primero acercamos y luego alejamos una pieza de hierro de forma rectangular, una de cuyas aristas pase casi rozando los extremos de los polos del imán, las líneas magnéticas se desplazarán hacia el hierro debido a que ofrece más facilidad a su paso que el aire, de donde resulta que las espiras serán cortadas por las líneas magnéticas. La figura 58 representa gráficamente las explicaciones anteriores, a las cuales añadimos que la pieza de hierro que pasa delante de los dos polos, para desplazar el campo magnético que emana de ellos, está animada de un movimiento de rotación alrededor de un eje central, de forma que a cada vuelta pasa dos veces ante los polos y, por consiguiente, genera dos impulsos eléctricos en el devanado de la bobina.

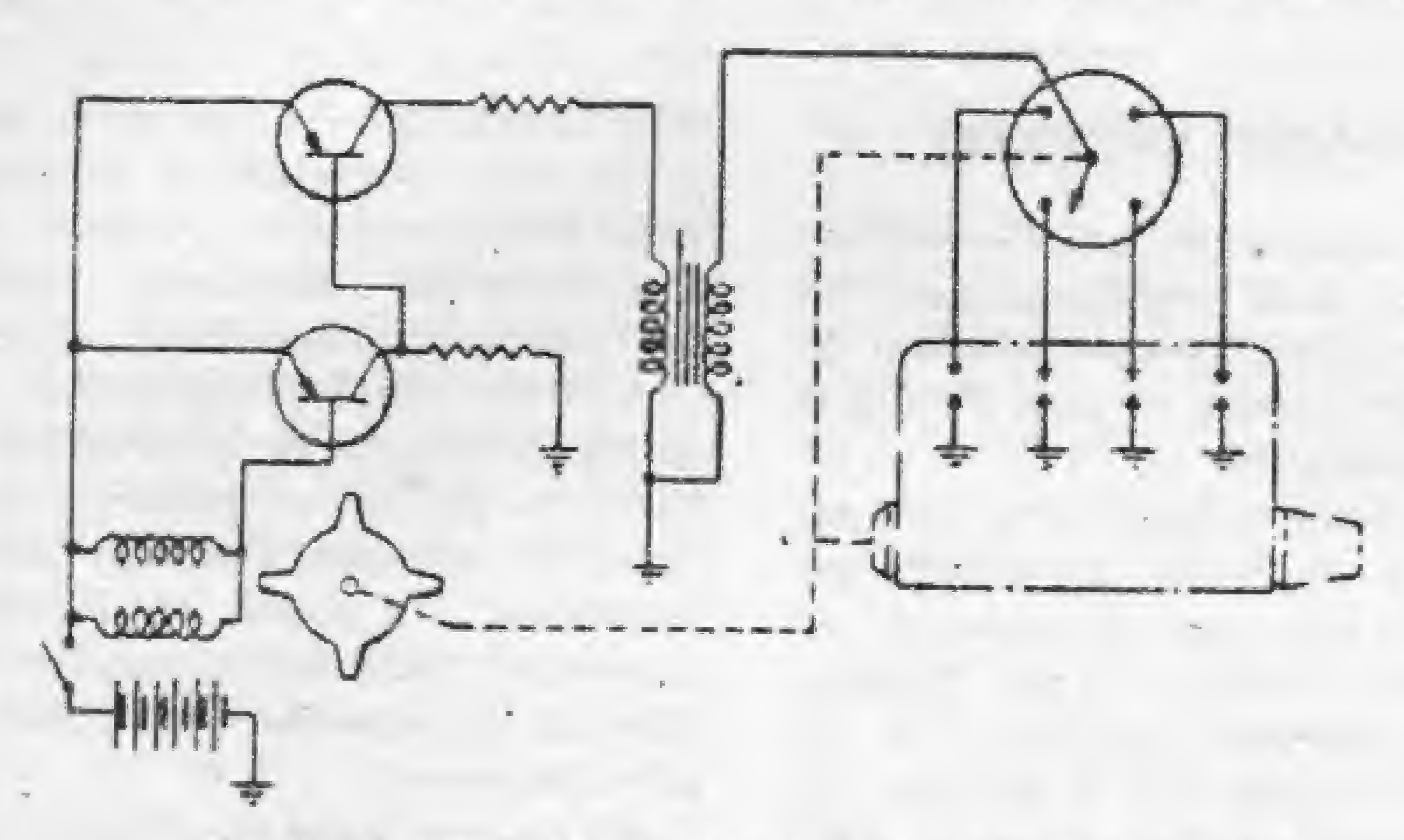


Fig. 56. Esquema del fundamento del sistema a impulsos

Podemos también disponer las cosas tal como indica la figura 59 donde el imán tiene la forma de un prisma ante cuyos dos polos, N y S, se aplican dos piezas de hierro, que al ponerse en contacto quedan magnetizadas por inducción magnética, transformándose por lo tanto en los verdaderos polos del imán. En el espacio comprendido entre las dos piezas polares y el imán prismático se coloca la bobina, de la cual se han representado algunas espiras cortadas. Desde luego, todo sucede como en el caso anteriormente descrito: al variar el flujo magnético en el espacio ocupado por las espiras, éstas producen una f.e.m. cuyo valor depende de la rapidez de desplazamiento del campo magnético, por cuyo motivo tanto en las dos piezas polares como en las aristas de la pieza giratoria, se reducen las dimensiones de las partes que se enfrentan, para así hacer más breve el tiempo que están en mutua presencia, a la vez que concentran el campo magnético en menos espacio y, por lo tanto, aumenta la densidad de las líneas de fuerza.

Desde luego, la tensión eléctrica que produce este generador no es alterna, pues actúa como un verdadero impacto de energía, representado por un pico en el gráfico que relaciona el voltaje V con el tiempo t. La parte superior de la curva representa los instantes en que se producen los desplazamientos del campo magnético en su valor máximo, o sea cuando la pieza de hierro giratoria pasa delante de los polos magnéticos: es este impulso eléctrico el que se aplica a la base del transistor para hacerlo funcionar (ver este gráfico en la fig. 60).

Generador de impulsos

El funcionamiento del generador de energía eléctrica que impulsa el transistor, que sustituye el ruptor, está basado en el principio descrito anteriormente. Como que genera impulsos de electricidad, es costumbre denominarlo generador de impulsos eléctricos.

La realización práctica está indicada en la figura 60 que representa las piezas que componen este tipo de generador. Tenemos primero una vista de conjunto, en planta, donde se destacan dos piezas: el estator (3) y el rotor (5), compuesto este último de 4 brazos que casi rozan los salientes del estator.

El rotor, representado aparte, equivale a la pieza de hierro giratoria cuya misión es desplazar el campo magnético que fluye de los salientes pola-

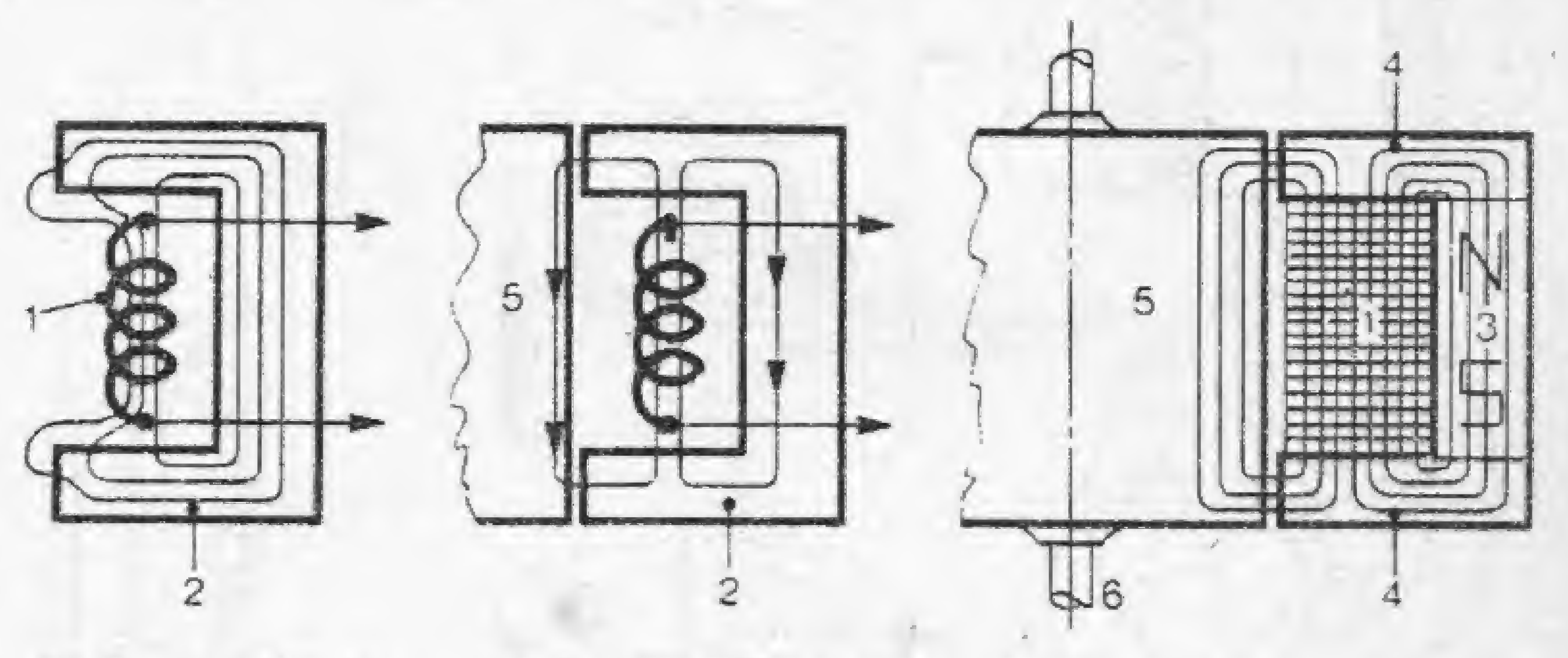


Fig. 57. La bobina (1), colocada entre los brazos del imán (2), no genera ninguna f.e.m. porque no corta líneas de fuerza magnéticas.

Fig. 58. Desplazamiento del campo magnético del imán (2) por el acercamiento de una pieza (5) de hierro dulce.

Fig. 59. La bobina (1), colocada entre los dos brazos (4) del imán (3), recibe variaciones del campo magnético debido a que la pieza de hierro (5) desplaza las líneas de fuerza magnética.

res del estator cada vez que pasa frente de ellos..

El estator está compuesto del imán (3), en forma de anillo, con el polo N arriba y el polo S abajo, que sustituye el imán rectilíneo de nuestra demostración esquemática anterior. En cuanto a las piezas polares (4), de hierro laminado muy fino, afectan la forma de dos anillos, uno colocado sobre el imán y el otro debajo, de suerte que con el conjunto así formado todo sucede como si el imán tuviese estos apéndices, formando una

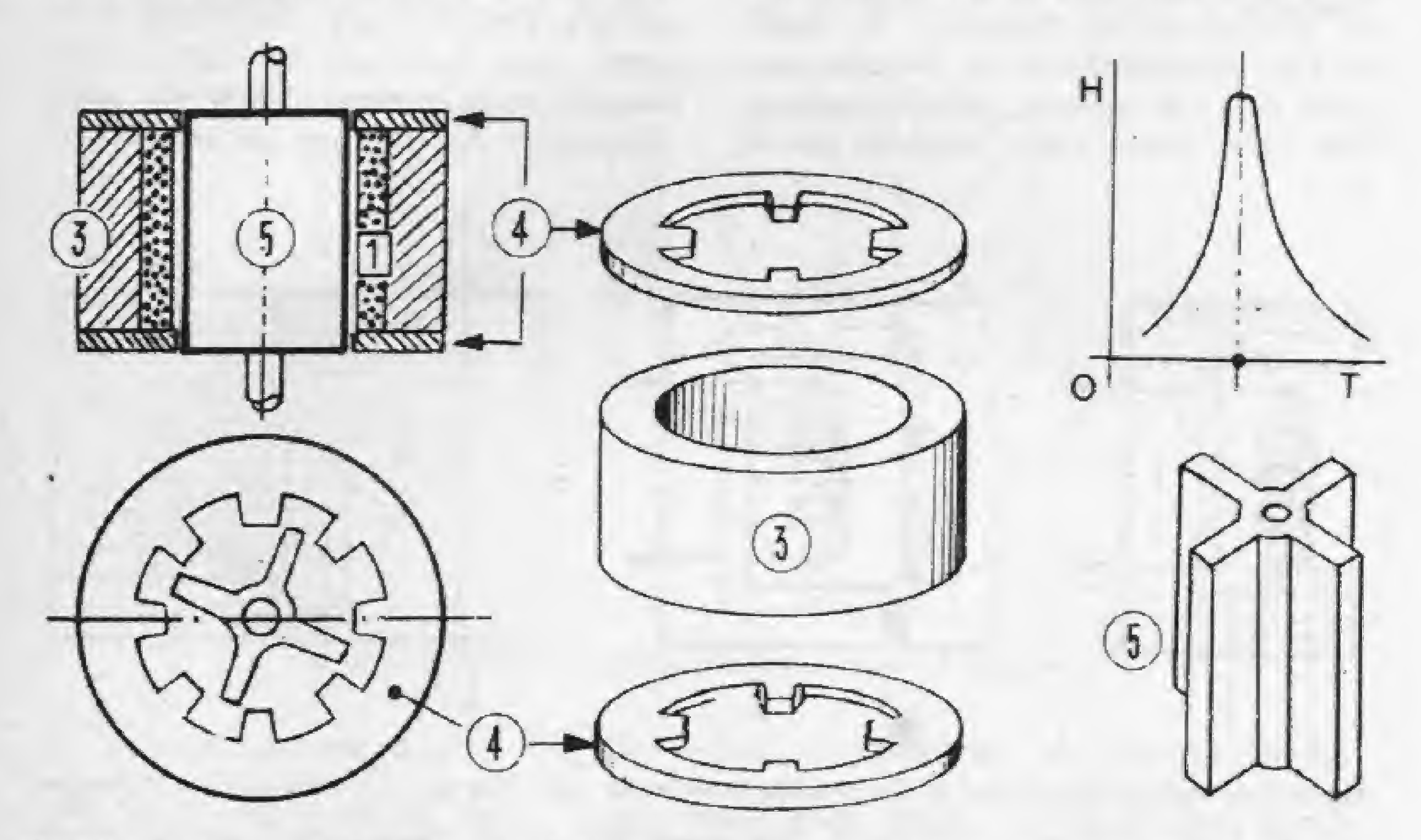


Fig. 60. Conjunto del Generador de Impulsos Eléctricos. La bobina (1), vista en corte, está alojada dentro del imán circular (3), el cual tiene aplicadas dos piezas (4) que tienen tantos salientes como cilindros el motor térmico; en un motor de 4 cilindros hay 4 salientes, en uno de 8 cilindros, 8 salientes, etcétera. (Se han representado 4 salientes para aclarar la figura). El rotor (5), tiene 4 palas y gira concéntricamente con los anillos (4)

sola pieza, pues adquieren las polaridades N y S debido a que las líneas magnéticas del imán las atraviesan con facilidad, quedando adheridas fuertemente.

Concéntrica con el imán y aprisionada por los dos anillos polares se encuentra la bobina (1), de forma circular, de manera que el desplazamiento del campo magnético la afecta de la misma manera que en el esquema de principio ya descrito.

Como que el rotor gira a la mitad del número de revoluciones del eje motriz, a cada vuelta del rotor corresponden tantas explosiones como número de cilindros tiene el motor: es el número de salientes que tienen las dos piezas polares (4) mientras que las 4 palas del rotor corresponden a la mitad del número de cilindros. Como que en nuestro ejemplo tenemos 4 palas, corresponde a un motor de 8 cilindros, que es el número de salientes de las piezas polares, en la vista en planta.

A cada vuelta del rotor se producen, por consiguiente, 8 impulsos magnéticos, debiéndose reparar que cada uno de ellos es producido por el enfrentamiento de las 4 palas con 4 salientes, o sea que cada impulso tiene un efecto cuadruplicado, los cuales la bobina los recibe simultáneamente, sumándose, por estar todos ellos en fase.

Los impulsos eléctricos generados en la bobina no son suficientes para hacer funcionar el transistor, por cuyo motivo es necesario amplificarlos. Por esto los dos cabos que tiene la bobina se conectan a la entrada de un amplificador que constituye la Unidad Electrónica.

Basados en el sistema del Generador de Impulsos Eléctricos varias grandes empresas constructoras de aparatos y equipos eléctricos para automóviles construyen unidades de diversos modelos destacándose entre ellas la Delco-Remy, en América, y la Bosch, en Europa. Son muy similares en la parte generadora de los impulsos eléctricos, pero las Unidades Electrónicas tienen diferencias notables.

Sistema Delco-Remy

El conjunto de la instalación Delcotrónica está representada en la figura 61. En (1) tenemos el eje vertical en cuya parte superior están alojados el distribuidor, el generador de impulsos y también el regulador centrífugo y el de vacío que son iguales que en los sistemas tradicionales de encendido. Las diferencias se observan en la unidad electrónica (2), que contiene un amplificador, necesario en este sistema de ignición porque el voltaje producido por el generador de impulsos no es suficiente para llegar a producir la chispa. Asimismo los dos resistores que figuran en este esquema no se utilizan en los sistemas corrientes de encendido.

La bobina (3) es especial, adaptada al funcionamiento del amplificador a transistores que consideraremos luego. La batería (4) es el depósito de energía electroquímica del sistema y (5), es la llave de encendido del coche, que cortocircuita a R-6 en el momento de ponerlo en marcha.

Presentamos en la figura 62 el amplificador empleado. En (1) se representa el bobinado del alternador, (2) es el conjunto del amplificador, compuesto de tres transistores; (3) es la bobina elevadora de tensión cuyo secundario señala con una flecha la conexión al distribuidor; (4) es la batería y (5) la llave de ignición de puesta en marcha, la cual pone y saca de circuito el resistor R-6, en cambio, el resistor R-7 está en circuito permanente.

La figura 62 indica, con líneas llenas, los circuitos que recorre la corriente mientras la llave del encendido está cerrada. Es fácil seguir este recorrido, pues pasa por los transis-

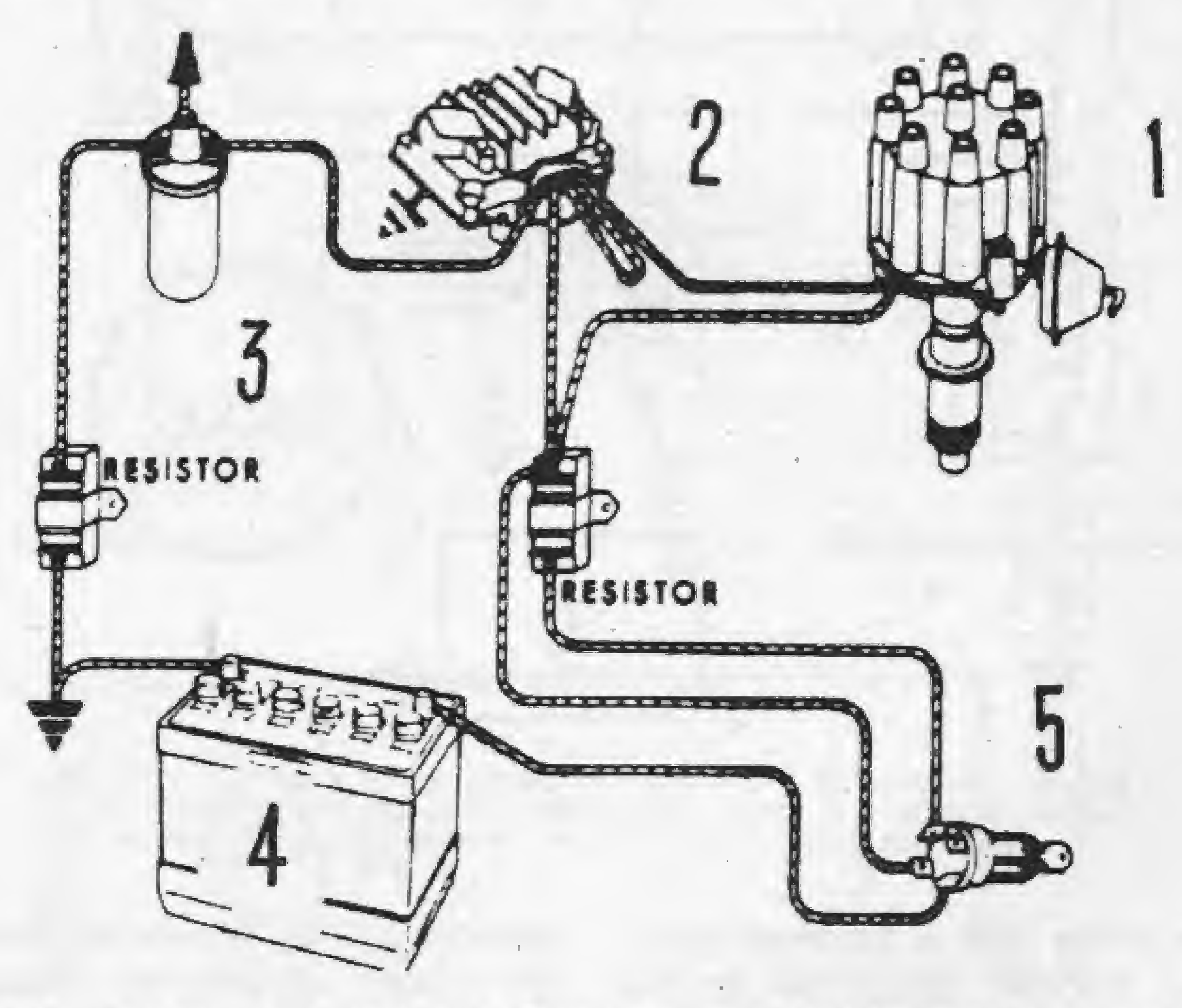


Fig. 61. Conjunto de la instalación Delco-Remy de encendido electrónico, con el alternador Delcotrón

tores TR-1 y TR-2, los resistores R-1, R-2, R-3, el primario de la bobina, el resistor R-7 y masa, completando el circuito de retorno a la batería.

Al estar ya el motor en funcionamiento la corriente pasa por los circuitos indicados en línea (fig. 63). El condensador C-1 juega un papel principal, pues es el que bloquea los transistores TR-1 y TR-2 al cargarse y descargarse: cargado, interrumpe los dos transistores y entonces en el primario de la bobina hay el máximo de tensión y salta la chispa.

El resistor R-5 interrumpe TR-3 cuando TR-2 vuelve a conducir.

R-1 es una resistencia de polarización que permite a TR-2 funcionar.

El diodo Zener D-1 protege al TR-1 de la sobretensión del primario.

Los condensadores C-2 y C-3 protegen de las altas tensiones el transistor TR-3.

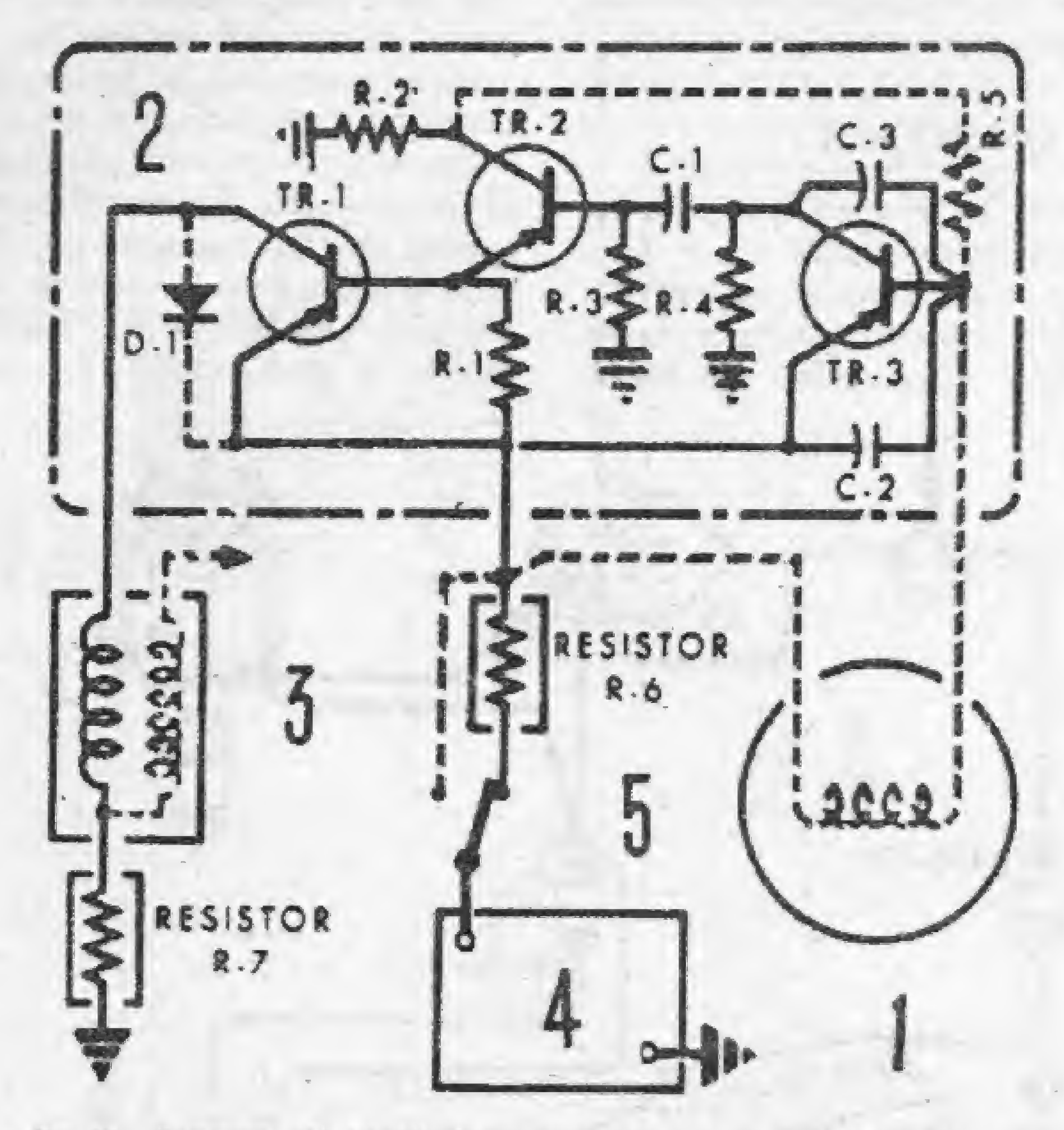


Fig. 62. Esquema del amplificador empleado con el Delcotrón (1), cuya bobina representa el rotor. Las líneas llenas indican los pasos de la corriente mientras la llave del encendido está cerrada.

Sistema Bosch

Se compone de un equipo que funciona sobre la base de un generador de impulsos, similar al anteriormente descrito.

El conjunto de la instalación se representa en la figura 64. En (1) tenemos la bobina; (2) contiene el reóstato y (3) la unidad electrónica en la cual vemos cinco conductores: uno es conexión a masa, otro viene del resistor (2) y los otros tres conducen energía. El conductor central trae la corriente de la batería (4) a través del interruptor de encendido (5), mientras que los cables (6) y (7) conducen los impulsos eléctricos producidos en el generador, cuyo detalle es el siguiente: (8) es el anillo superior, (9) es la bobina en la cual se generan los impulsos, (10) es el imán propiamente dicho, (11) es el dis-

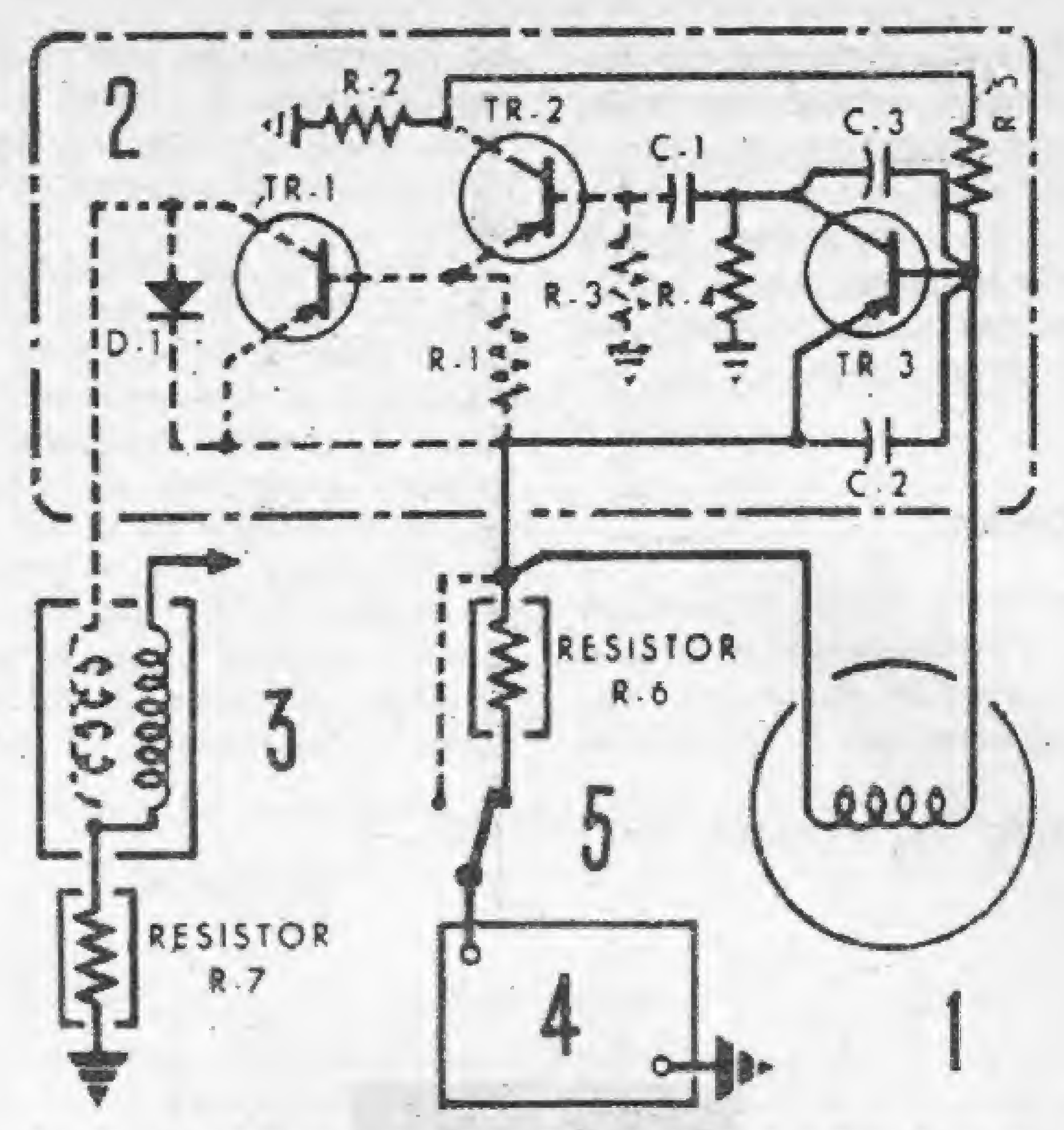


Fig. 63. Circuitos por los cuales pasa la corriente cuando el motor ya está en marcha: dibujados con líneas llenas.

tribuidor de alta tensión y (12) el cable que la conduce desde la bobina. Debajo del generador de impulsos se ve el regulador centrífugo.

La caja electrónica (3) es bastante compleja debido a que el generador de impulsos no produce suficiente energía eléctrica para actuar debida-

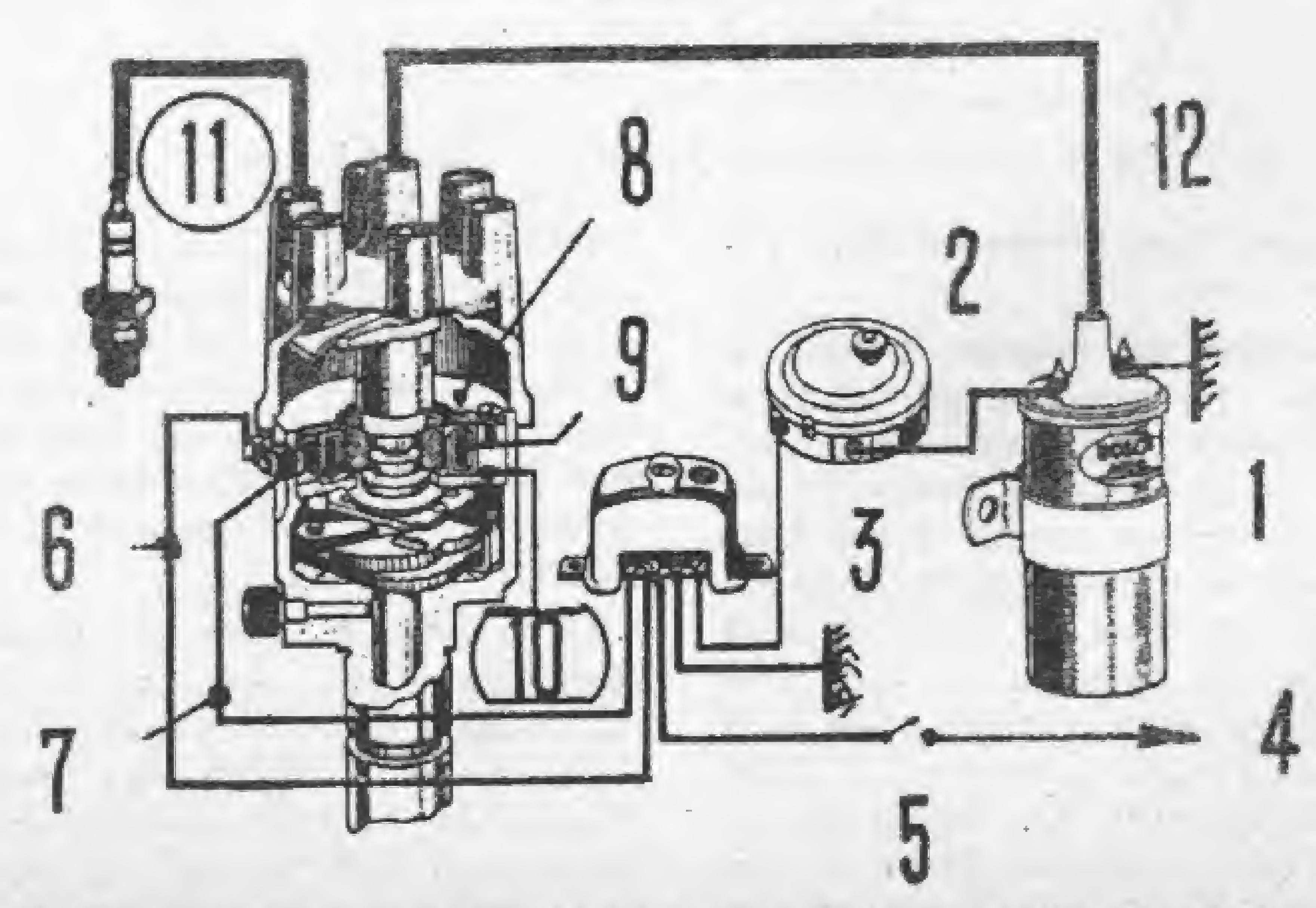


Fig. 64. Conjunto de la instalación del sistema Bosch de ignición electrónica. (10) es el imán, (9) la bobina y (8) el anillo superior complementario del imán.

mente el sistema. Generalmente tienen 2 transistores, aunque hay modelos de 3 transistores, con un diodo y varias resistencias para equilibrar las tensiones en los transistores. Desde luego, cumple la misma misión que el amplificador que hemos descrito anteriormente, siendo similares sus resultados.

Sistema Lucas

Esta importante firma inglesa ha contribuido poderosamente en el desarrollo de la ignición electrónica. Son varios lo esquemas que ha creado, de los bobinados del estator los impulsos eléctricos: al estator, se lo denomina captador magnético (en inglés, pick-up) por ser el que capta los impulsos.

El esquema del dispositivo electrónico se indica en la figura 66. Su funcionamiento es el siguiente:

Durante el funcionamiento el transistor T_3 conduce normalmente y por lo tanto la corriente de la batería pasa por el primario de la bobina. Cuando el captador emite un impulso actúa en la base de T_1, este transistor por lo tanto conduce, lo mismo que T_2 por aplicarse entonces corriente en su base. Al funcionar T_2, al pasar la co-

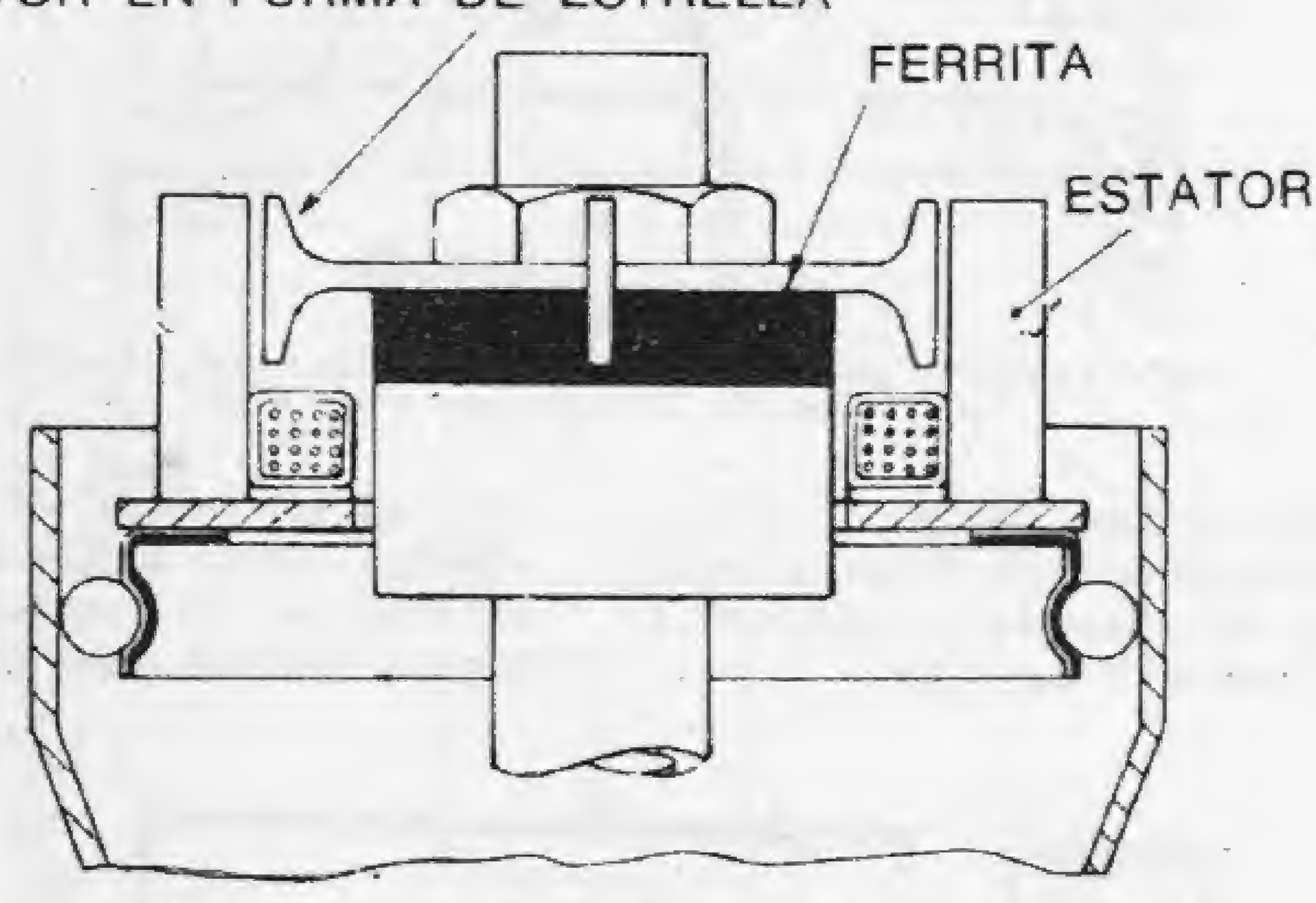


Fig. 65. Vista en corte del generador a impulsos Lucas

los cuales nos contentaremos con describir tres.

1) **Sistema de ignición Lucas sin contactos.** Se compone de un generador giratorio, cuyo rotor está constituido por un imán en forma de estrella, con tantas puntas como cilindros tiene el motor. La figura 65 representa una vista en corte de este generador de impulsos. El rotor gira dentro de un estator cuyos polos completan el circuito magnético a intervalos de 90°, 60°, 45°, según que el motor tenga, respectivamente, 4, 6 u 8 cilindros. El rotor gira accionado por el motor del coche, generándose en

rriente a su través, ya no se aplica a la base de T_3, quedando por lo tanto bloqueado. El resultado es que queda interrumpido el primario de la bobina produciéndose un impulso de alta tensión en el secundario que al aplicarlo a la correspondiente bujía produce la chispa.

2) **Sistema de ignición OPUS sin contactos.** Se lo denomina en inglés "Oscillating Pick-Up Systems", cuyas iniciales, OPUS, sirven para designarlo. Hay dos modelos distintos de este sistema de ignición, que se denominan OPUS 1 y OPUS 3, que se describen a continuación:

a) **OPUS 1.** Representamos su captador en la figura 67 y el esquema eléctrico en la figura 68. Hay cuatro elementos principales, cuyo funcionamiento es el siguiente:

1. **El captador.** Se compone de dos bobinas, L_1 y L_2, que, a la vez, son el

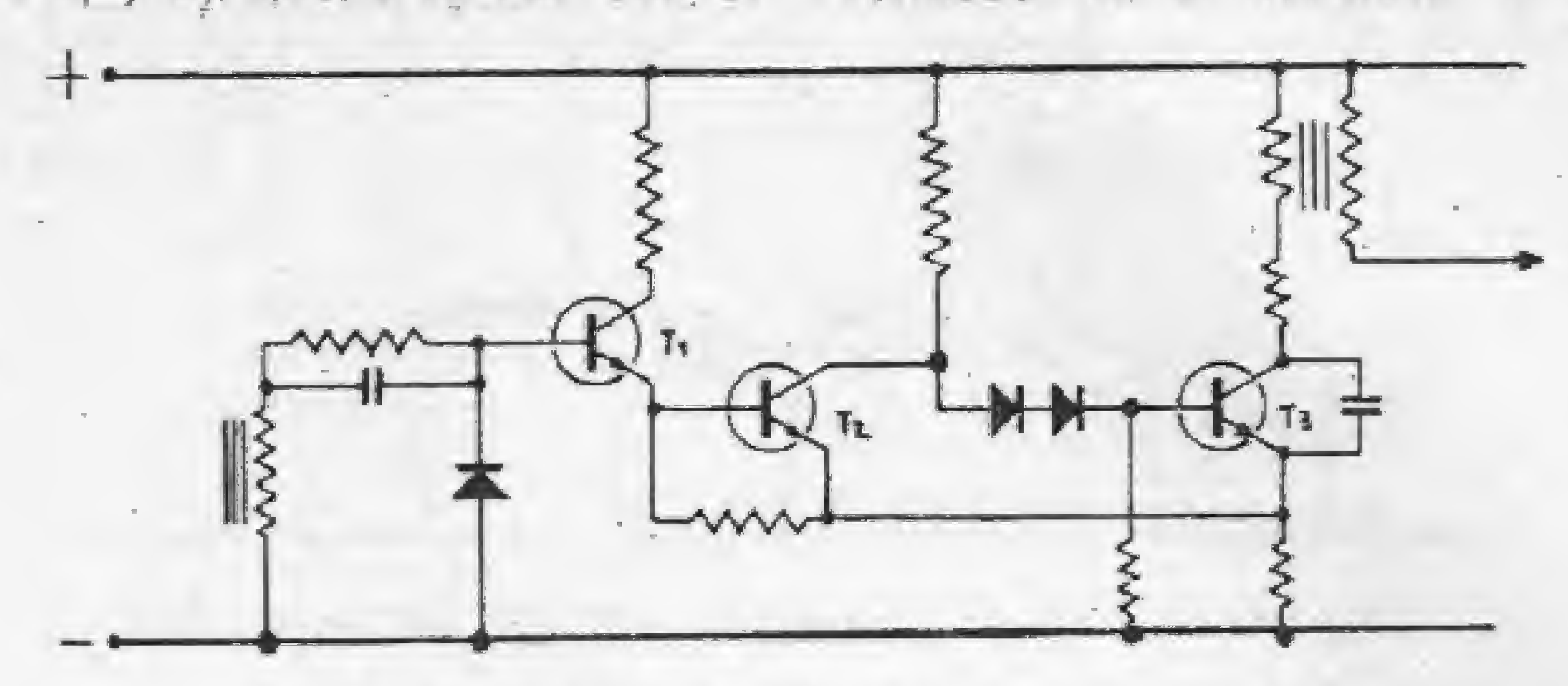


Fig. 66. Esquema del sistema de ignición a impulsos

transformador de un oscilador a reacción del cual forma parte el transistor T_1. En la figura 68 se ve claramente cómo están dispuestas las dos bobinas a ambos lados del entrehierro de un núcleo de ferrita. El acoplamiento entre L_1 y L_2 está ajustado

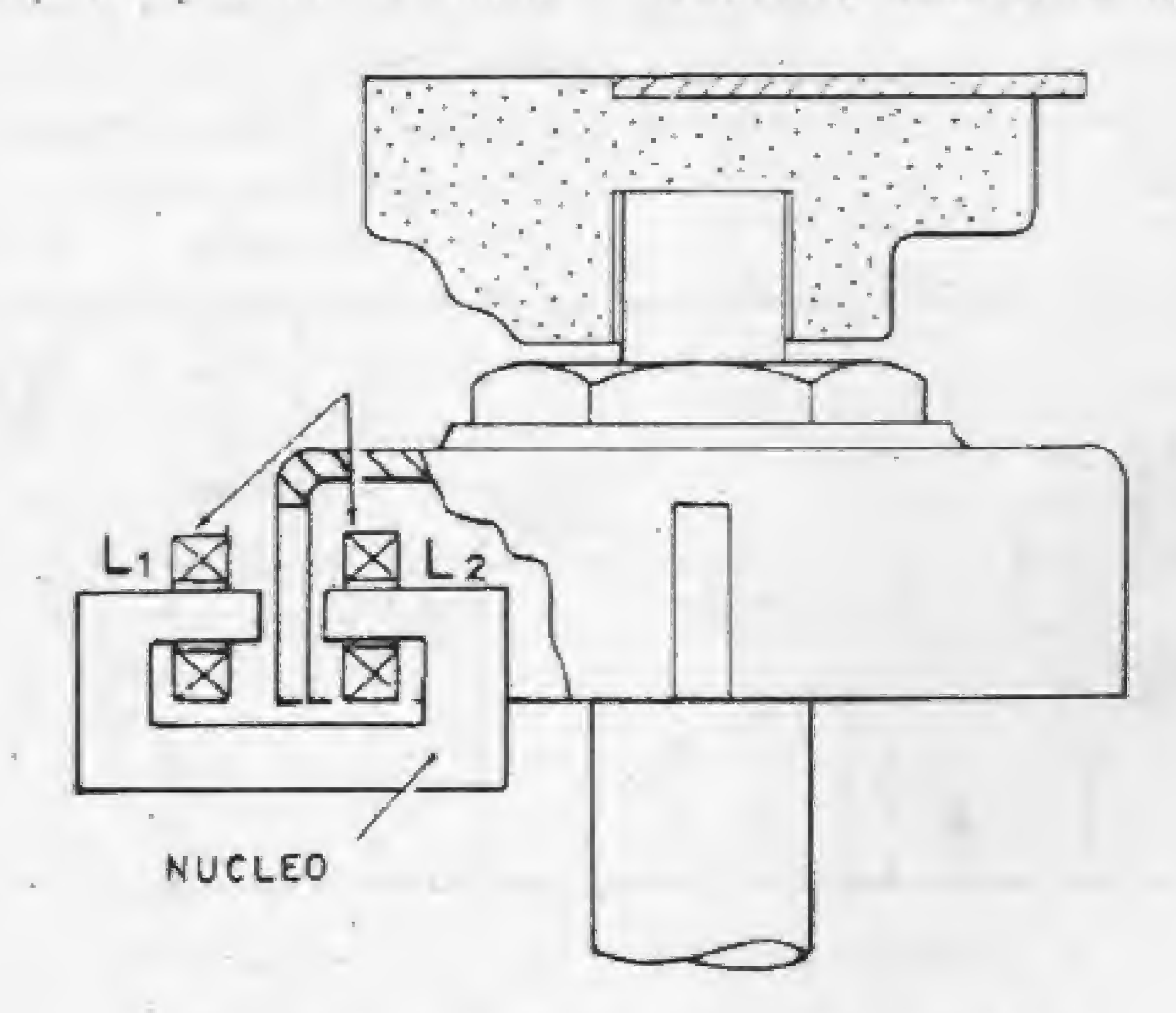


Fig. 67. Sección del captador de impulsos OPUS I.

para producir oscilaciones (por medio de T_1), pero el grado de acoplo entre ellas está regulado por un tambor metálico de latón que pasa por el entrehierro del núcleo de ferrita. Este tambor cumple la misma misión que la excéntrica del ruptor, girando junto con el distribuidor de alta tensión.

2. **Amplificador del oscilador.** Amplifica las oscilaciones generadas por el transistor T_1 y la reacción entre L_1 y L_2. Está constituido por el transformador A, el transistor T_2 y varios diodos destinados a regular el paso de la corriente, pudiendo interrumpir la corriente de base del transistor de potencia T_2.

3. **Bobina de ignición.** Tiene en paralelo con el primario una resistencia reductora (ballasto) R_1, actuando así mismo sobre la base de transistor T_3, que cumple el oficio de ruptor.

4. **Distribuidor de alta tensión.** Está montado sobre el mismo eje que el ruptor, obteniéndose así un sincronismo absoluto. No está representado

en la figura, por considerarse innecesario.

Las otras resistencias y diodos Zener representados tienen por objeto regular las intensidades y proteger los triodos y otros elementos.

tor T_2 (pasando la corriente a través de R_1 R_2 y del devanado del transformador A). Observemos que al pasar la corriente por T_2, por su circuito colector-emisor, cortocircuita la base del transistor T_3 que es, precisamente, el

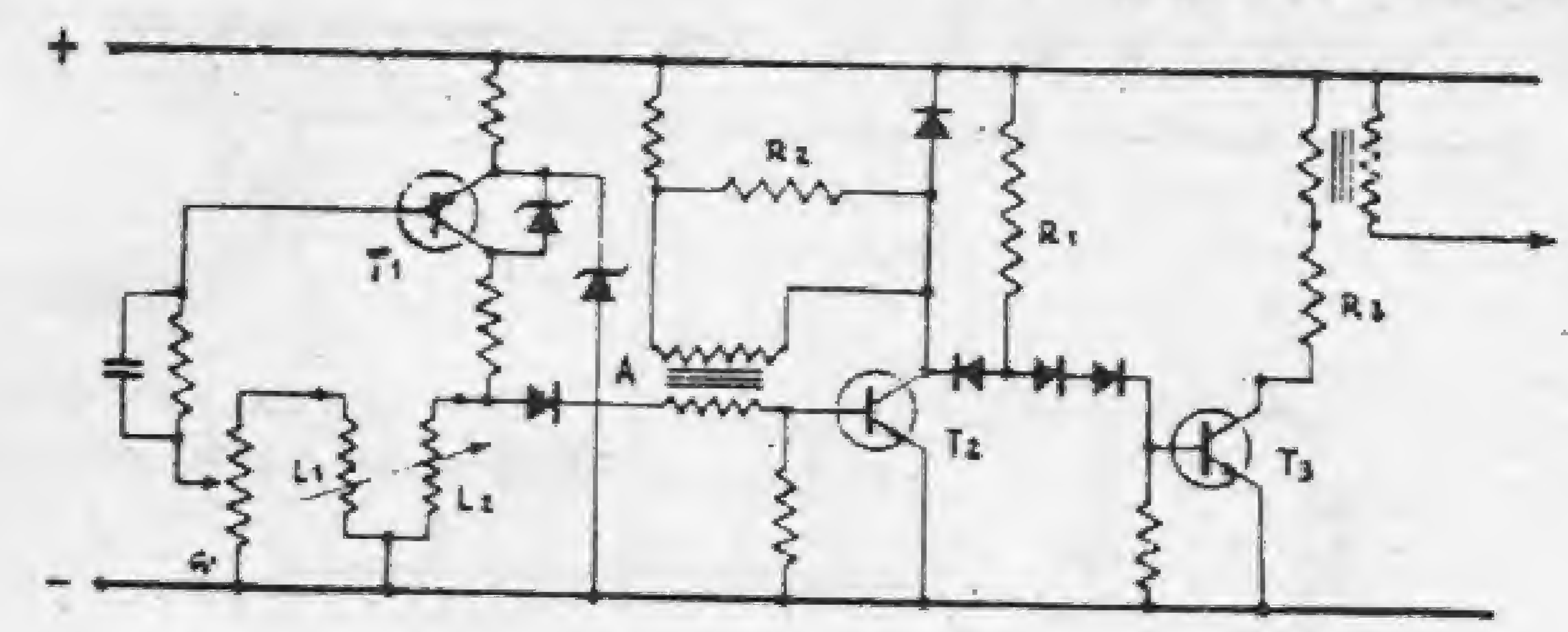


Fig. 68. Esquema del dispositivo electrónico del OPUS I.

Funcionamiento. Cuando no pasa la ventanilla del tambor por el entrehierro, no se generan oscilaciones debido a que la pantalla de latón disminuye el flujo magnético, no produciéndose por lo tanto el suficiente acoplamiento entre L_1 y L_2. En estas condiciones la base de T_1 es alimentada a través de R_1, pasando por lo tanto la corriente por el circuito emisor-colector y, en consecuencia, por el primario de la bobina de ignición.

efecto que se quería obtener: al quedar bloqueado el funcionamiento del transistor T_3 queda interrumpida la corriente del primario de la bobina, puesto que forman un mismo circuito.

b) **Sistema de ignición OPUS 3, sin contactos.** Es un perfeccionamiento del anteriormente descrito. En vez de 400 chispas por segundo, este nuevo sistema puede producir 800 chispas por segundo.

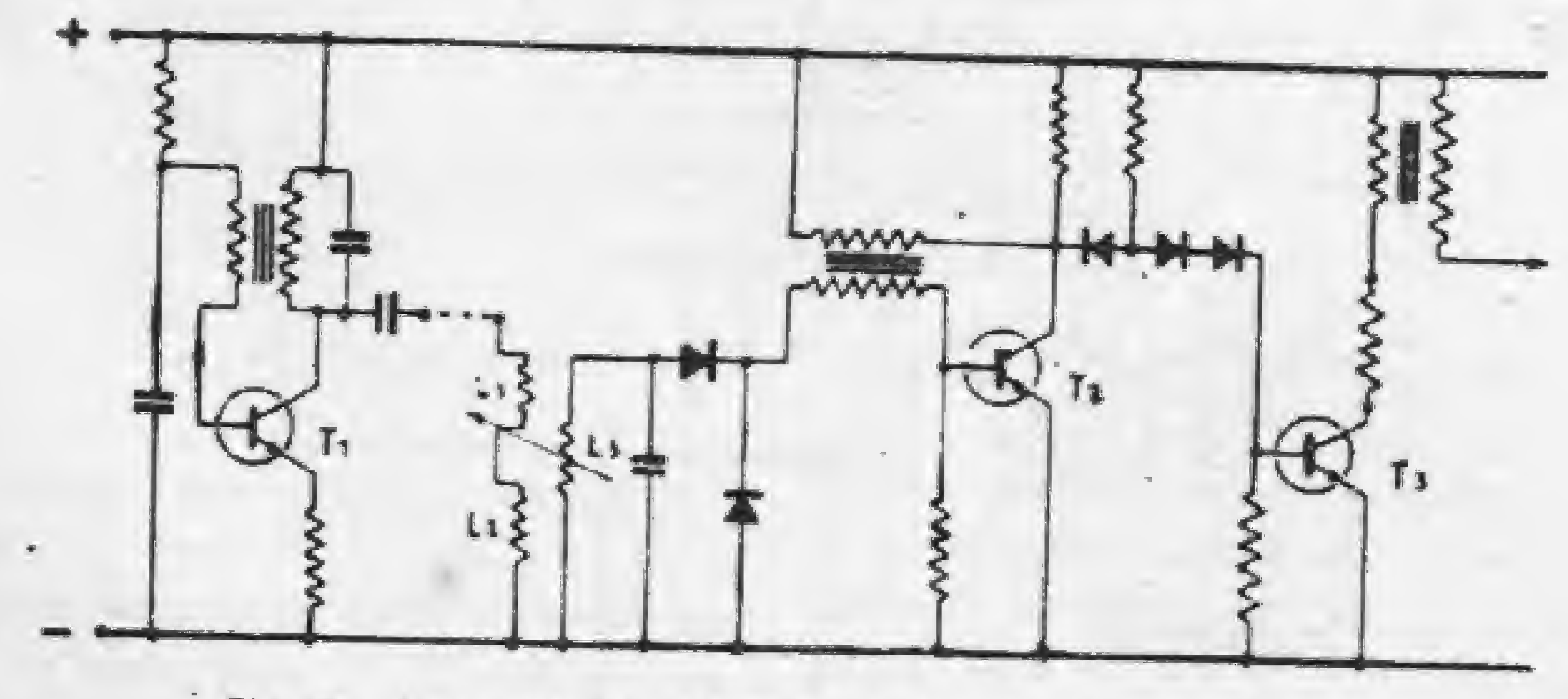


Fig. 69. Esquema del sistema de ignición Lucas OPUS 3.

Cuando pasa la ventanilla del tambor por el entrehierro, el aumento de flujo magnético es entonces suficiente para que entre L_1 y L_2 se produzca el acoplo suficiente y el transistor T_1 genere oscilaciones. Las oscilaciones así obtenidas son amplificadas a través del transformador A y el transis-

La diferencia radica en el captador (pick-up) y un oscilador distinto, el cual funciona permanentemente. El esquema general de este sistema de ignición se indica en la figura 69, pudiendo observar que el oscilador ahora está constituido por las bobinas L_1 L_2, actuando L_3 de secundario de trans-

formador que recibe la señal que se comunica a la bobina.

Podemos apreciar más claramente en la figura 70 estos tres bobinados, así como su disposición en lo que podríamos llamar el estator de este generador de señales. El corte del estator tiene la forma de una E teniendo los puestas a 90° en los motores de 4 cilindros, 60° para los de 6 cilindros y 45° en los motores de 8 cilindros. Estas barritas forman un puente por el cual pasan líneas magnéticas que inducen los bobinados L_1 y L_2 colocados en el estator entreteniendo así oscilaciones por medio del transistor T_1.

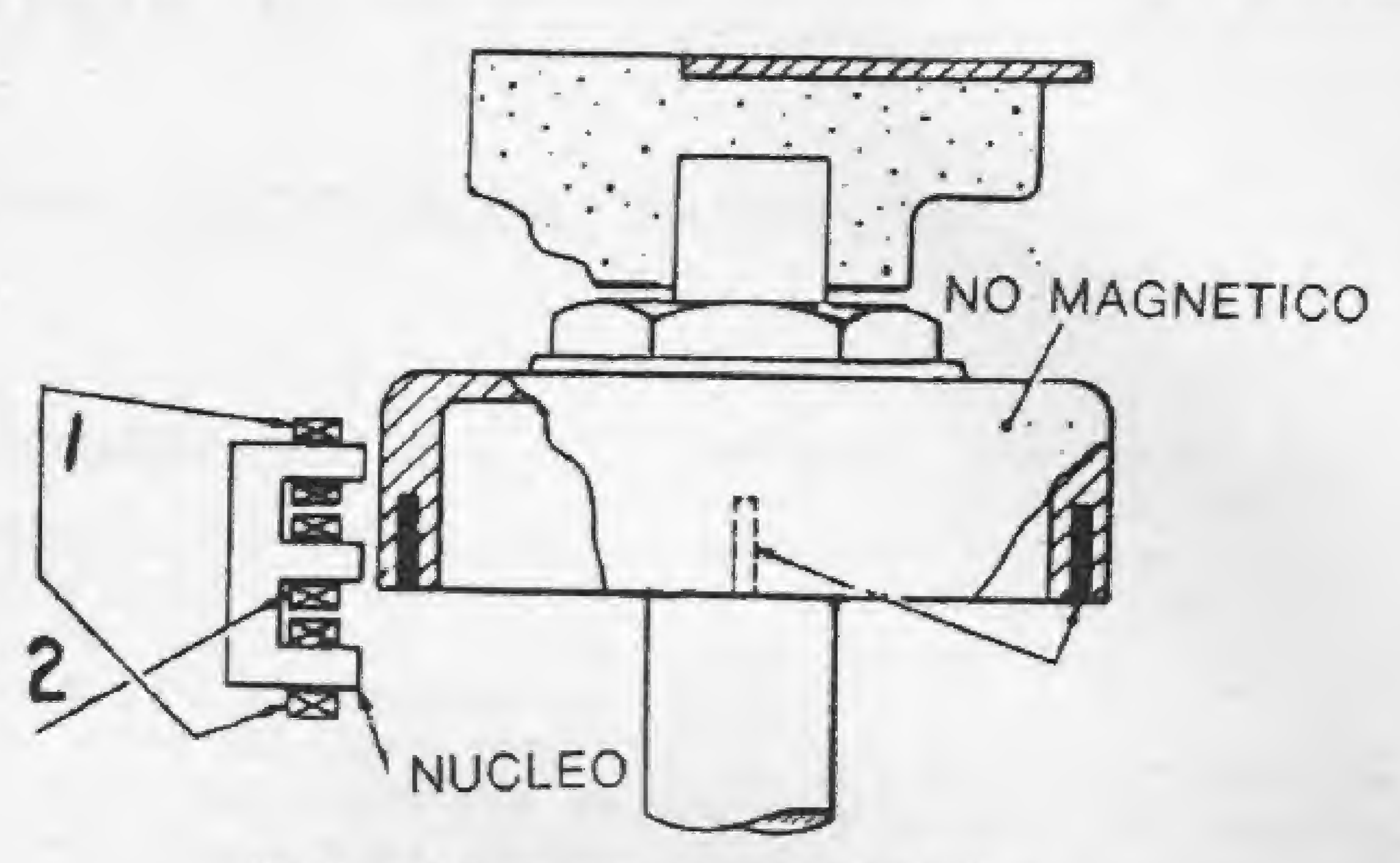


Fig. 70 Vista en corte del captador OPUS 3

brazos, superior e inferior, las bobinas L_1 y L_2, respectivamente, representadas en el esquema de la figura 69 conectadas en serie; el brazo central aloja la bobina L_3, acoplada magnéticamente con las dos anteriores a través del núcleo de ferrita: constituye el secundario de este transformador.

El tambor está construido de un material no magnético, en el cual se colocan unas barritas de ferrita, dis-

La frecuencia así producida es captada por el devanado L_3 cuya inductancia se sintoniza por medio del condensador C. De esta manera se dispone de una frecuencia de salida bien determinada. Esta señal es ahora aplicada a la base del transistor T_2, que sale amplificada por su circuito emisor-colector: actuando en forma similar al sistema anteriormente descrito interrumpe el circuito primario de la bobina de salida.

Capítulo III

IGNICION ELECTRONICA "DUCELLIER"

En qué consiste

La novedad de este sistema consiste en que el mando de los impulsos eléctricos que gobiernan la ignición son producidos por un fotodiodo que acciona un diodo de silicio controlado, provocando así la descarga de un condensador. Por lo tanto, un destello luminoso hace el oficio de ruptor.

La realización práctica consiste en un tambor (1) montado sobre el mismo eje del distribuidor de la alta tensión y del regulador centrífugo a depresión. Este tambor está totalmente cerrado a la luz, con tantas ventanillas laterales como cilindros tiene el motor térmico: estamos considerando el caso de un motor de 4 cilindros (fig. 71).

En el exterior del tambor hay una lámpara a siluro (3) encendida permanentemente. Cuando una ventanilla pasa delante de la lámpara un rayo de luz penetra en el tambor impresionando el fotodiodo (2), el cual transforma el impacto luminoso en un impulso eléctrico, de debilísima intensidad; por este motivo, este sistema

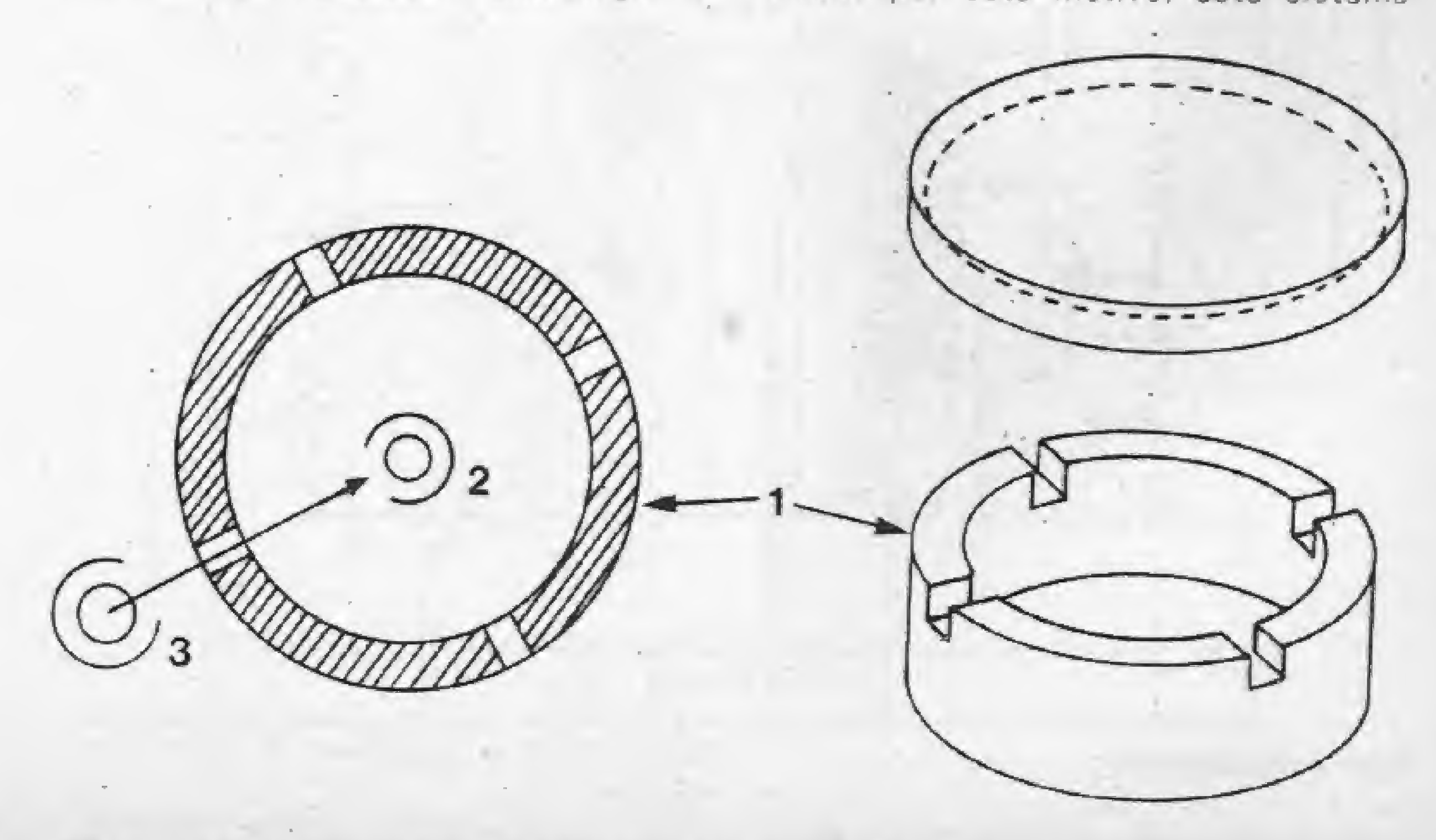


Fig. 71. Aspecto de conjunto del dispositivo fotoeléctrico Ducellier. (1) es la caja que forma la cámara oscura, (2) el fotodiodo y (3) la lámpara cuyos destellos de luz pasan a través de las ventanas, 4 en este caso, para un motor de 4 cilindros

requiere una fuerte amplificación, producida por medio de dos transistores en el ejemplo que estamos considerando.

Esta unidad sustituye el ruptor, reemplazando el tambor, la excéntrica que manda las aperturas y cierres de los contactos en el sistema tradicional. Desde luego, se siguen empleando los mecanismos para el avance del encendido (centrífugo y a vacío).

Este sistema de ignición electrónica, que podría denominarse a "impulsos luminosos" (en vez de *impulsos electromagnéticos* de los sistemas anteriormente descritos) se compone, además del dispositivo lámpara-célula, de los elementos siguientes:

a) Un oscilador electrónico, con su correspondiente transformador.

b) Un transformador especial que eleva la tensión para las bujías.

c) Un diodo de silicio controlado por los impulsos del fotodiodo.

d) Un amplificador a transistores de 2 etapas para el diodo.

energético de este sistema de ignición: a descarga capacitativa. Este condensador (1) es cargado a una tensión de 200 V por medio de un oscilador (2) que lleva incorporado el transformador. El objeto del oscilador es transformar la corriente continua de la batería, 12 V, a 200 V de corriente alterna, la cual es rectificada por medio del diodo representado en la parte inferior del secundario, aplicándose entonces al capacitor (1), cargándolo. Se descarga después en un transformador especial (3) por la acción del diodo controlado al silicio (4), gobernado por la señal que genera el fotodiodo (5). Debido a que la señal producida por el diodo es debilísima no podría accionar el diodo controlado directamente por lo cual esta señal se la amplifica con dos pasos de amplificación a transistores: esta unidad amplificadora completa, con sus resistencias de regulación, está contenida dentro del recinto punteado señalado con un (6): la salida de este amplificador tiene una intensidad capaz de desblocar el diodo controlado.

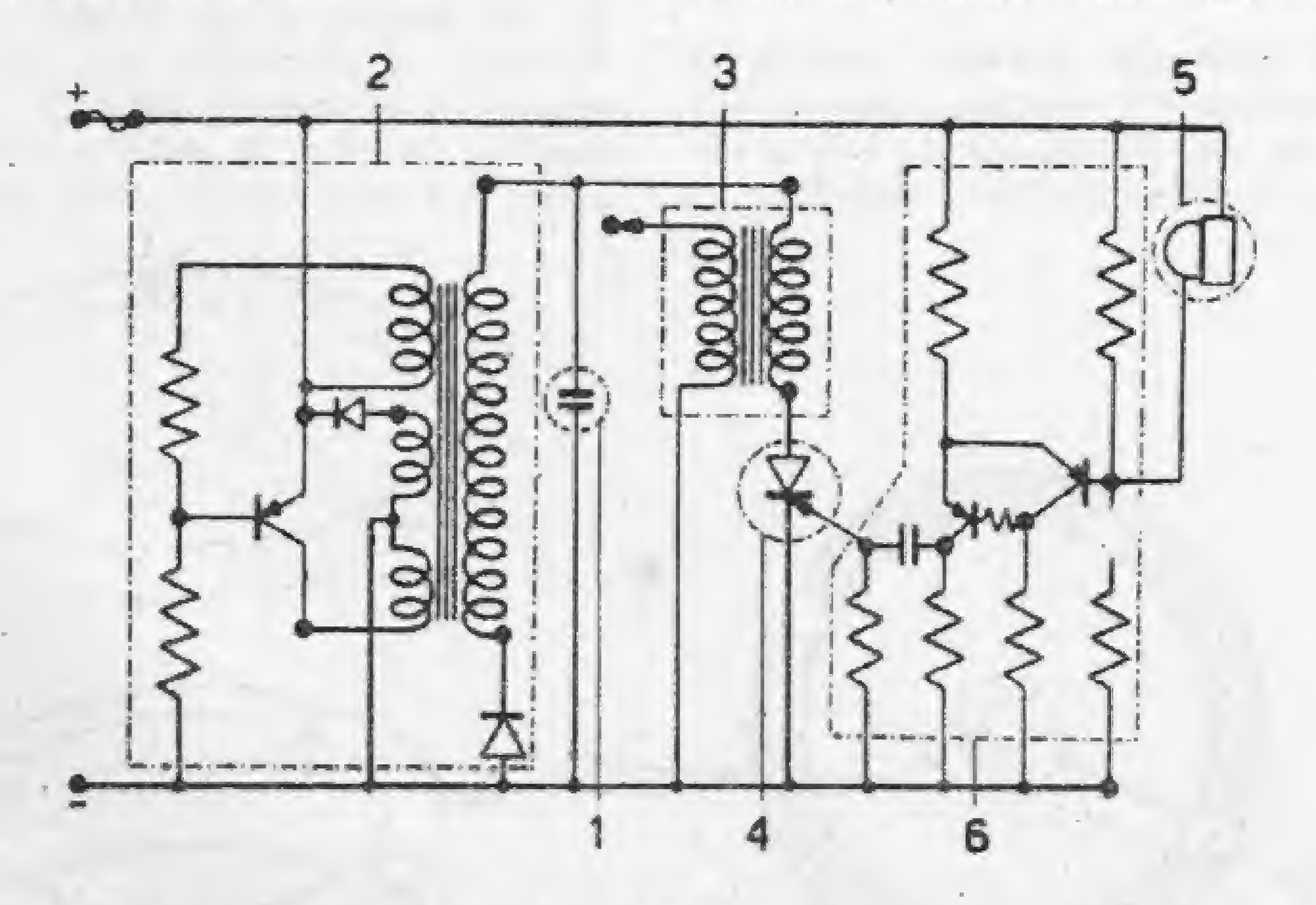


Fig. 72. Esquema de conexiones del amplificador empleado en el sistema de ignición Ducellier.

Funcionamiento

En el esquema de conexiones (fig. 72) vemos un condensador (1) que es el órgano esencial del dispositivo

Representaremos ahora, mediante tres esquemas, las etapas sucesivas del funcionamiento de este sistema.

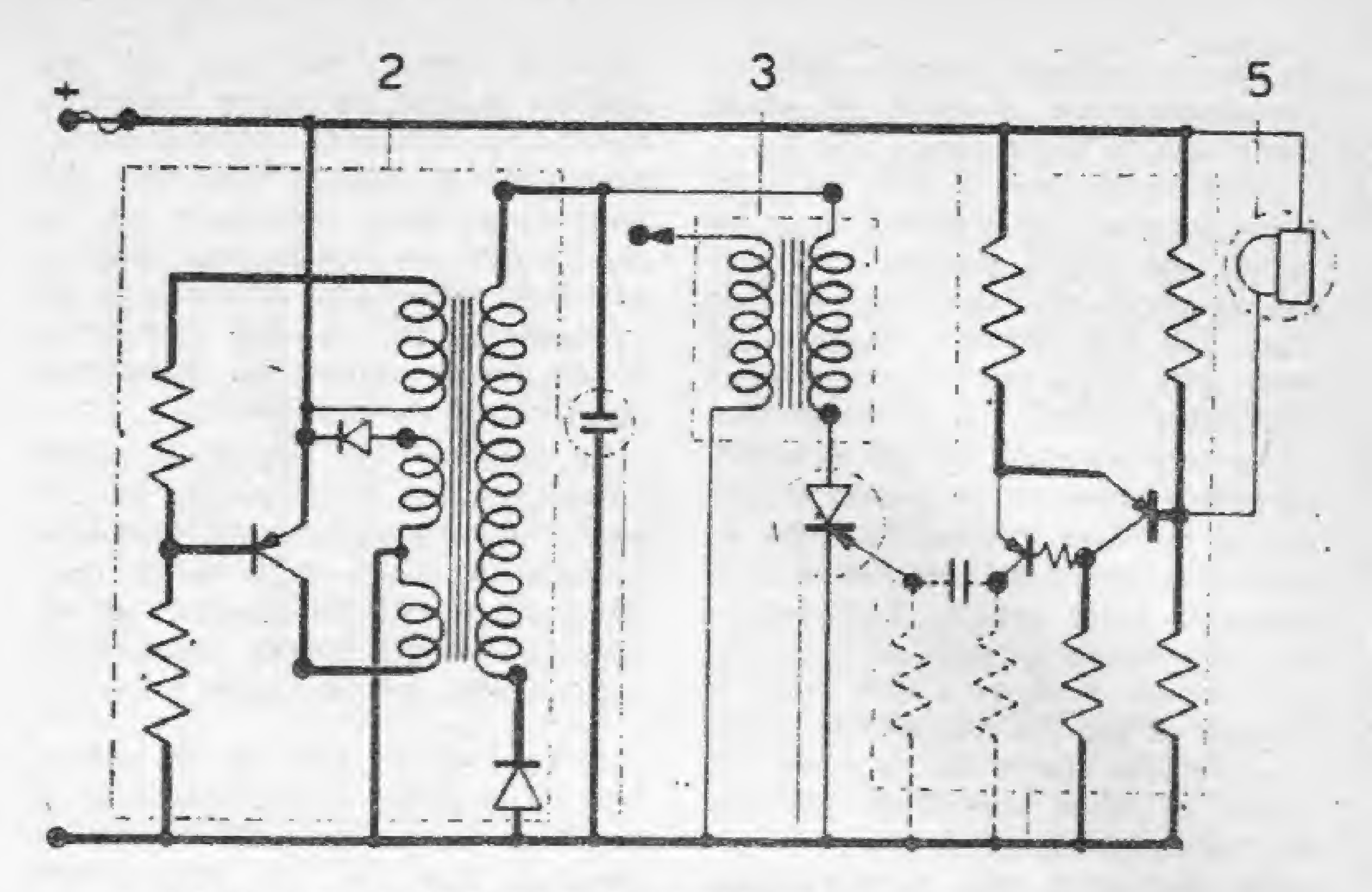


Fig. 73. Cuando el fotodiodo no es iluminado sólo pasa la corriente por los circuitos marcados con trazo grueso. El condensador (4) se está cargando

a) Al cerrar con la llave de ignición la puesta en marcha del motor del coche, si el fotodiodo no es iluminado (por no enfilar el rayo de luz, a través de una ventanilla el fotodiodo) el oscilador entra en acción cargando el condensador a 200 V, pero como que el diodo no recibe luz en ese instan-

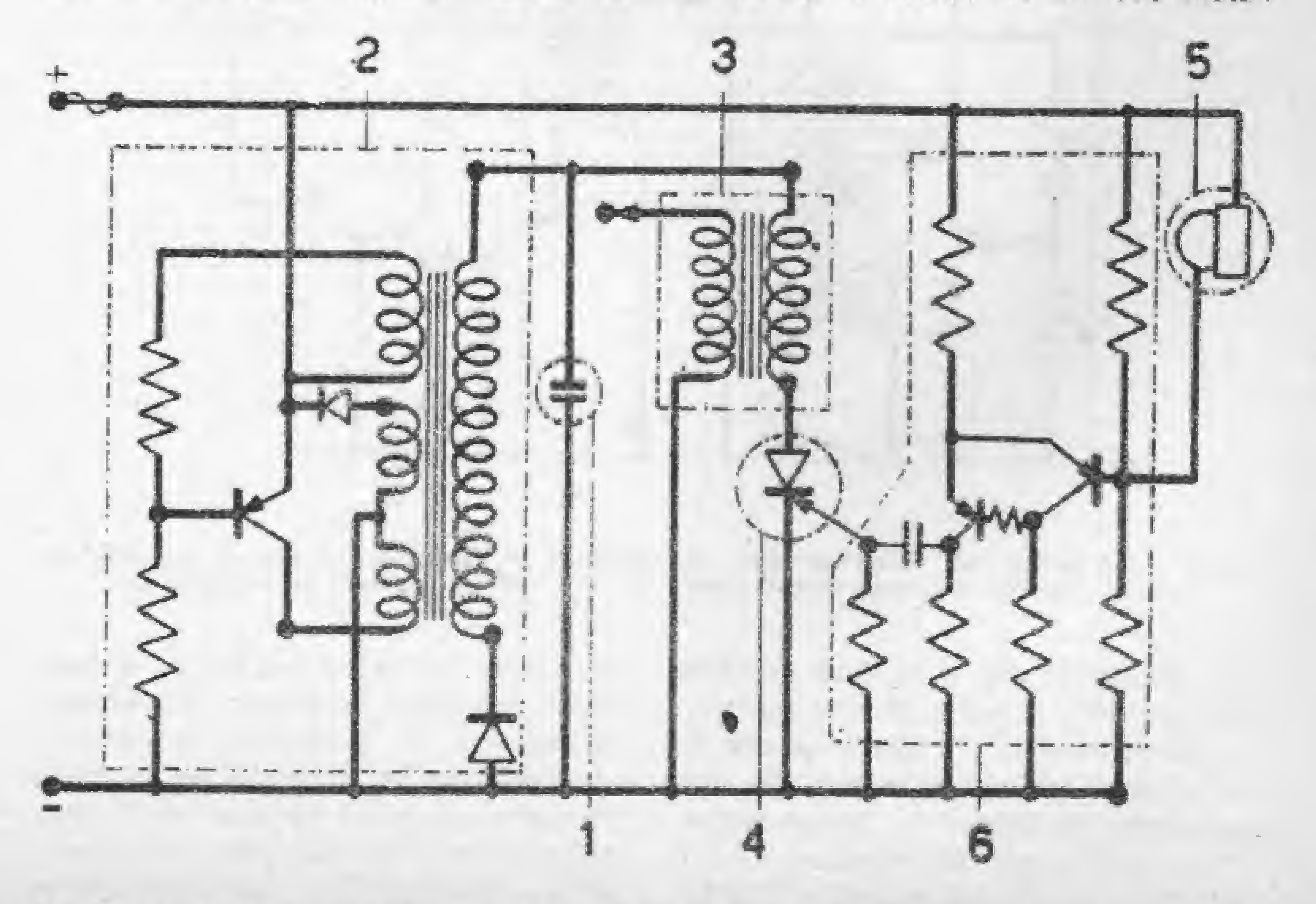


Fig. 74. Al recibir el fotodiodo un impacto de luz la corriente pasa por los circuitos marcados con trazo grueso, los transistores entran en acción y el Tiristor (DSC) entra en acción, el condensador se descarga y envía un impulso eléctrico al primario del transformador (3)

te, no se produce ninguna señal y, por consiguiente, el diodo de silicio controlado no es disparado (fig. 73).

(Para seguir paso a paso estas explicaciones se han indicado en el esquema con trazos gruesos los circuitos por donde pasa la corriente, y con trazo fino los circuitos inactivos durante esta etapa del funcionamiento.)

En estas condiciones, el primer transistor conduce mientras que el segundo está bloqueado, con lo cual se evita que el diodo controlado entre en acción, a través del condensador interpuesto entre ambos. Este capacitor tiene mucha importancia en el funcionamiento, pues es el que reúne la energía de los dos transistores amplificadores, de suerte que la señal que recibe el diodo controlado depende del tiempo de carga de este condensador, que es de unos 10 microsegundos.

corriente (señal) que hace que sea positiva la base del primer transistor, quedando bloqueado, desbloqueando, en cambio, el segundo transistor, que gobierna el diodo controlado (4): en cuanto éste se dispara deja pasar a su través la corriente de descarga del condensador (1), la cual circula entonces por el primario del transformador (bobina) de ignición (3).

Ya sabemos que cuando un diodo controlado está desbloqueado (funciona) se bloquea nuevamente invirtiendo la polaridad de su electrodo de mando mediante un condensador, que entrega la tensión durante unos 10 microsegundos, en este caso.

c) La segunda fase de la producción de la chispa se representa en el esquema de la figura 75, siendo los circuitos marcados con trazo fuerte los que ahora son recorridos por la corriente. En estos momentos el fotodiodo aún está iluminado (no obstante haberse ya producido la chispa), invirtiéndose la polaridad en la parte marcada con trazo grueso: el condensador de mando del diodo controlado se ha descargado y todo está preparado para iniciar un nuevo ciclo de acontecimientos.

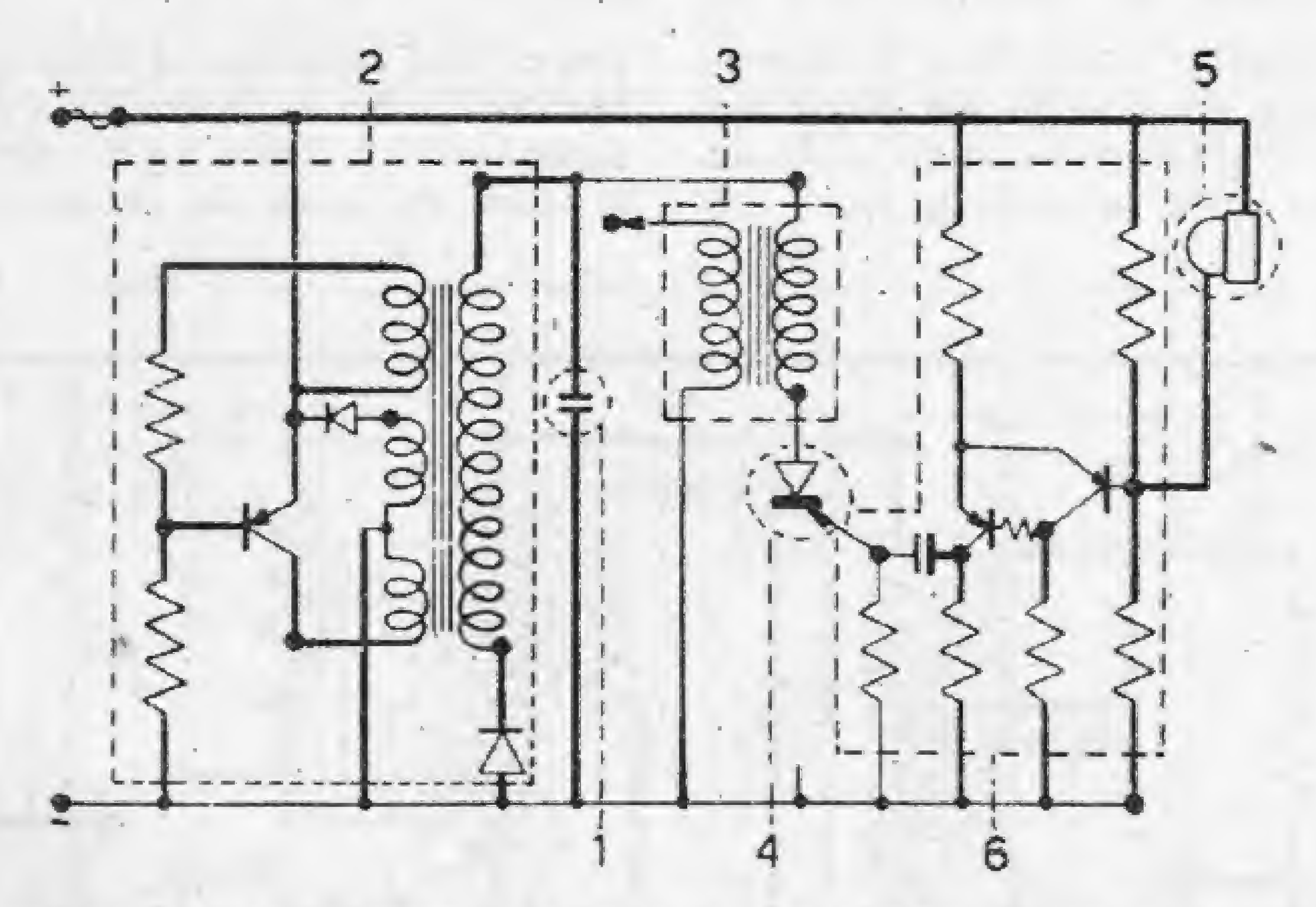


Fig. 75. El fotodiodo aún iluminado, una vez producida la chispa se invierte la polaridad del circuito marcado con trazo grueso dando por terminada la descarga del condensador

b) Veamos ahora lo que sucede cuando debe producirse una chispa: se representan en la figura 74 con línea gruesa los circuitos por los que ahora pasa la corriente. Desde luego, el oscilador sigue funcionando y, por consiguiente, el condensador (1) se sigue cargando; simultáneamente, el fotodiodo, ahora iluminado, genera una

La bobina (3) es de construcción especial (fig. 76), teniendo el circuito magnético cerrado. Su inductancia pri-

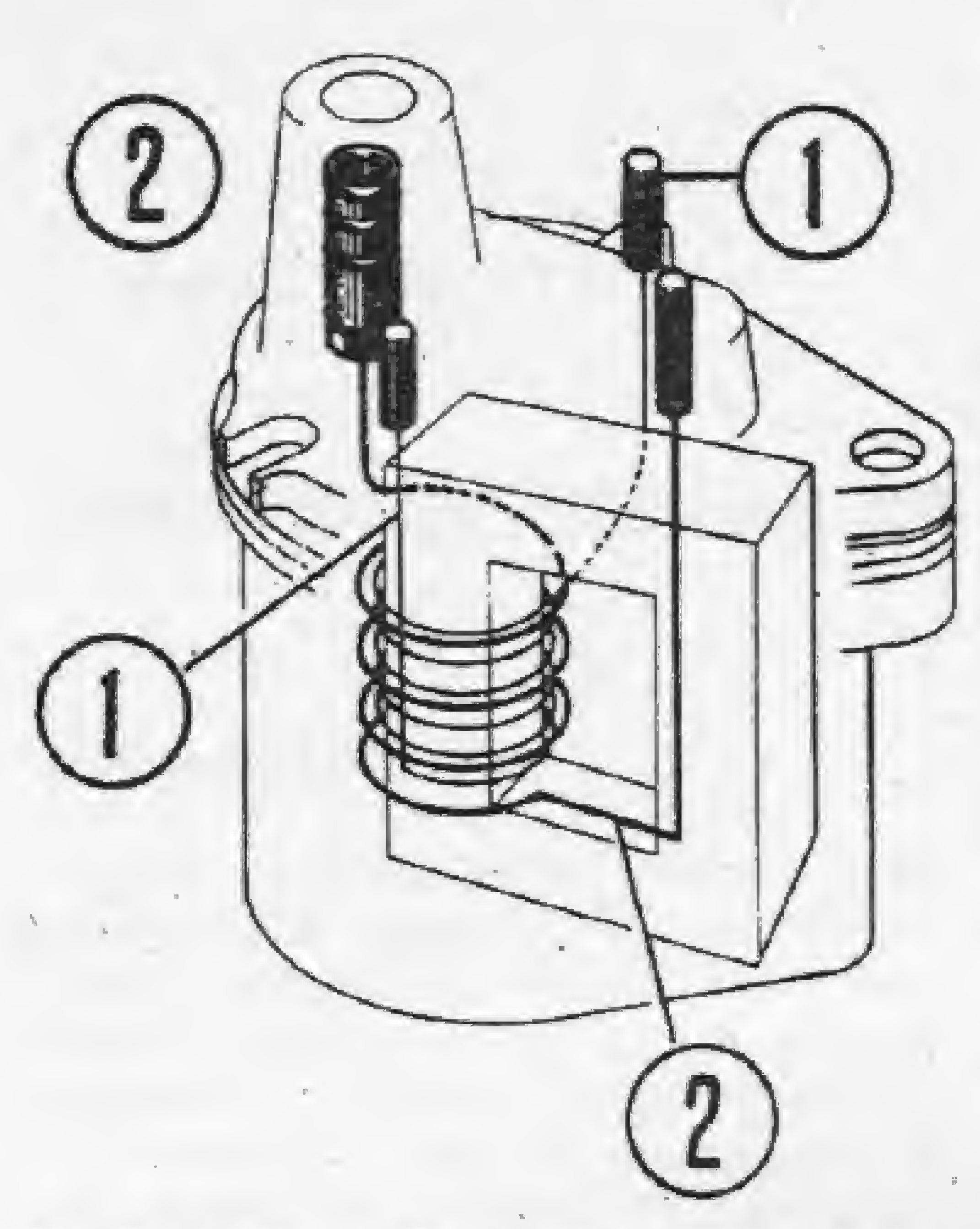


Fig. 76. Vista del transformador especial del equipo Ducellier.

maria es muy reducida con la finalidad de obtener una chispa muy rápida.

Este sistema de ignición electrónica puede funcionar satisfactoriamente en motores térmicos que alcancen las 12 000 revoluciones por minuto, y mayores aún.

Entre las numerosas ventajas que aporta el uso de los sistemas que hemos considerado mencionaremos los siguientes:

a) Extraordinaria duración de las bujías, sin ensuciarse;

b) Arranque instantáneo debido a su mínimo consumo y a que la tensión de la batería no desciende;

c) Mayor duración de la carga de la batería debido al poco consumo;

d) Duración indefinida de los contactos... debido a que no existen, por estar reemplazados por el tambor;

e) Instalación inmediata de este equipo en cualquier automóvil;

f) Puede emplearse un combustible más económico porque la longitud constante de la chispa y su potencia, para todos los regímenes de velocidad aseguran una ignición rápida y total de todo el volumen de la mezcla comprimida en el cilindro.

Capítulo IV

IGNICION DE COCHES DE COMPETICION

Sistema Lucas

Este sistema puede producir 1 000 chispas por segundo, lo que permite hacer funcionar un motor de 8 cilindros a 15 000 rpm. Utiliza el procedimiento de impulsos electromagnéticos.

El esquema de las conexiones se representa en la figura 77. Las líneas punteadas señalan las interconexiones de los tres componentes de este sistema.

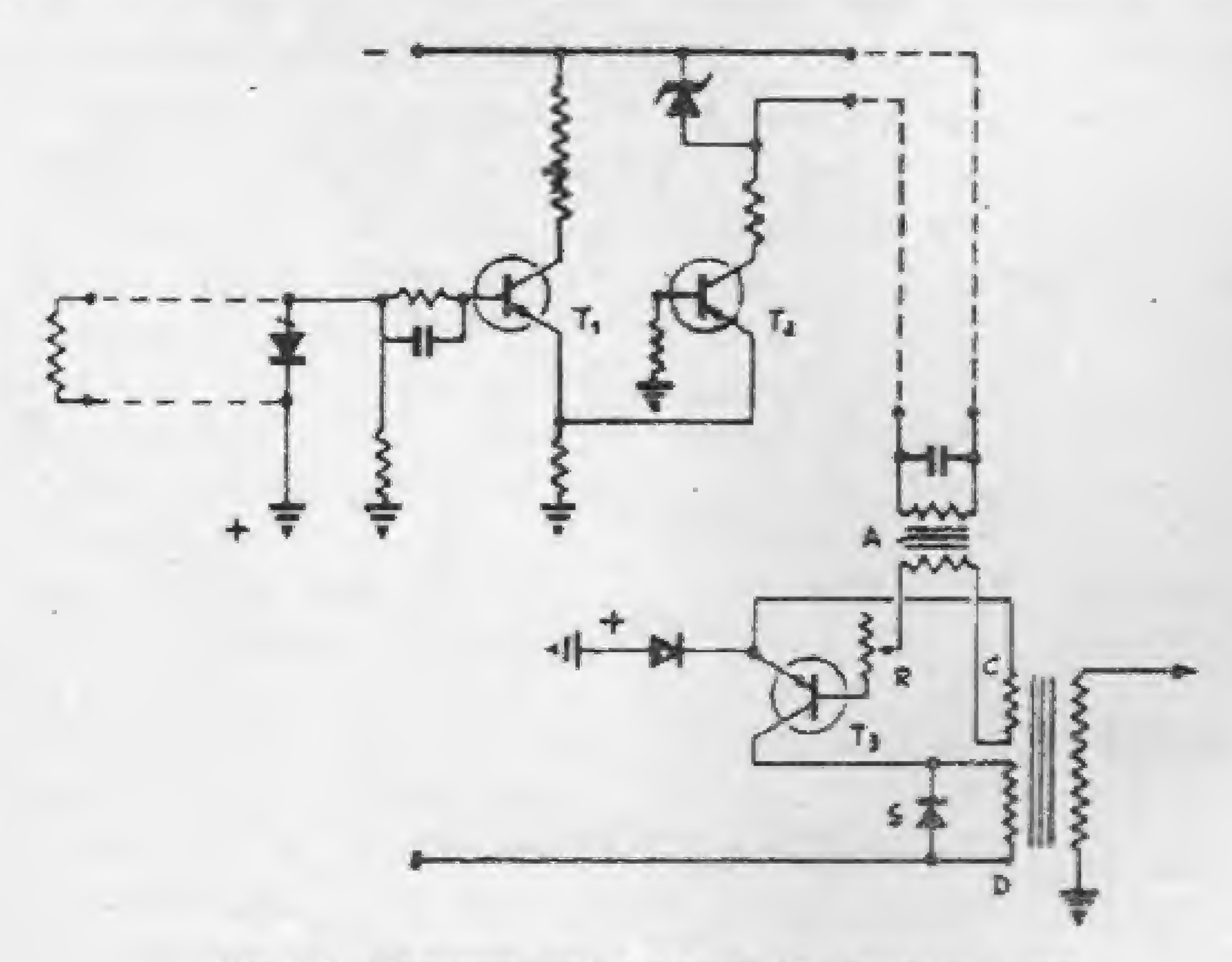


Fig. 77. Esquema del sistema de ignición Lucas para coches de competición.

1) **El captador de impulsos.** Lo componen varias piezas polares (tantas como cilindros tiene el motor) fijadas sobre el volante, o bien sobre un disco, adherido sólidamente al volante. Estas masas polares, de hierro dulce, cierran el circuito magnético de pick-up (pronúnciese: pik-ap) o generador de impulsos. De esta forma al girar el cigüeñal y por consiguiente el volante, estas masas polares van produciendo una serie de impulsos eléctricos sucesivos, rigurosamente sincronizados con la marcha del eje del motor térmico, siendo precisamente estos impulsos los que generan las señales de la ignición al aplicarse a un amplificador que eleva el valor de su débil intensidad.

2) **El amplificador de disparo.** Los impulsos son recibidos por el transistor T_1 que junto con el transistor T_2

constituyen el amplificador. En realidad, este amplificador actúa como un interruptor. En efecto, entrega en la salida una intensidad de unos 60 miliamperios, que, cuando recibe en el circuito de entrada (base de T_1) el impulso del captador, interrumpe bruscamente la salida y, al interrumpirse el primario de la bobina de ignición el secundario produce la alta tensión que genera la chispa.

3) **El generador de chispas.** Comprende varios órganos que describiremos luego al explicar su funcionamiento.

4) El distribuidor de la alta tensión es igual que los empleados en los sistemas tradicionales de ignición a ruptor.

Antes de pasar a describir cómo funciona este sistema, debe repararse que los transistores empleados son negativos debido a que la batería tiene el positivo conectado a masa. La mayoría de los coches ingleses tienen esta particularidad.

Así como en el sistema tradicional de ignición la energía es acumulada en la bobina bajo la forma de campo magnético, en este sistema, en cambio, la energía es recibida directamente de la batería bajo la forma de un impulso de una intensidad de unos 80 A, de brevísima duración, la cual produce un brusco impulso de tensión que cumple la misión de la bobina.

Funcionamiento

Cuando no se produce ningún impulso en el captador, el transistor T_2 del amplificador-interruptor, conduce. Los dos transistores, T_1 y T_2 reciben corriente de la masa (recordemos que es positiva y los transistores negativos): Ahora bien, la intensidad de 60 miliamperios que antes hemos mencionado, pasa a través del transformador A, sin que produzca ningún efecto puesto que es constante; por consiguiente no se induce ninguna corriente en el transformador de alta tensión que está compuesto de dos bobinados primarios, C y D.

Cuando el circuito magnético del captador (formado por un imán de fuerte reluctancia) se cierra ante una de las masas protuberantes ya mencionadas, de hierro dulce, se produce una corriente que va hacia el amplificador y que se aplica al circuito de base de T_1. El resultado es que hace pasar una corriente que va de la masa (positivo) hacia el negativo, aislado. Como consecuencia de ello se cortocircuita la base de T_2, que deja de conducir y la corriente del primario del transformador A se interrumpe bruscamente.

El generador de chispas está formado por un circuito magnético cerrado, con un devanado secundario de 14 000 espiras, un primario D de 9 espiras y un devanado C de 4 espiras para el mando del circuito de base del transistor T_3. Obsérvese bien que el devanado C está conectado en serie con una resistencia variable de regulación, R, y el secundario del transformador A.

Cuando el amplificador de disparo abre el circuito que alimenta el transformador A, el secundario de este transformador recibe un impulso que hace conductora la base de T_3 permitiendo así el paso de corriente en su circuito emisor-colector. Observemos, por lo tanto, que hay una doble acción en C y D: la corriente en D induce una corriente más intensa en C, lo cual produce un aumento suplementario de corriente en D. Esta reacción mutua entre el circuito de base y el circuito del colector de T_3, produce en 150 microsegundos, un aumento de corriente de unos 80 A, con una limitación que depende de la característica del transistor y de la saturación del circuito magnético. Cuando se alcanza este límite el flujo se estabiliza en el circuito, cesando la corriente en el de la base y, por lo tanto, el primario D queda interrumpido: el flujo magnético desaparece.

El diodo al silicio S, conectado a los bornes de la bobina D está destinado a disipar la energía acumulada en el

campo, magnético, evitando así la formación de una segunda chispa, así como de una alta tensión que podría formarse, perjudicial para el transistor T_3.

Como complemento de las explicaciones anteriores diremos que la rotación del eje motriz va desplazando las masas salientes de hierro dulce, alejándose del captador, terminando así la generación del impulso que hemos considerado en sus diversas fases, el encadenamiento de cuyos fenómenos culminaron con la producción de la alta tensión. Desde que se inicia la acción del captador hasta producirse la chispa transcurren 200 microsegundos y, por consiguiente, es posible alcanzar un régimen teórico de 5 000 chispas por segundo. Prácticamente se obtienen resultados satisfactorios produciendo 1 000 chispas por segundo en un motor de 8 cilindros funcionando a 15 000 revoluciones por minuto.

Tengamos bien presente que el sistema de ignición que acabamos de describir ha sido estudiado especialmente para los motores de competición (carreras), no siendo apto para los coches de serie por las siguientes razones:

a) El captador funciona de acuerdo con la velocidad del coche, desde el momento en que los salientes de hierro dulce están montados sobre el eje motriz y éste gira de acuerdo con la velocidad del coche.

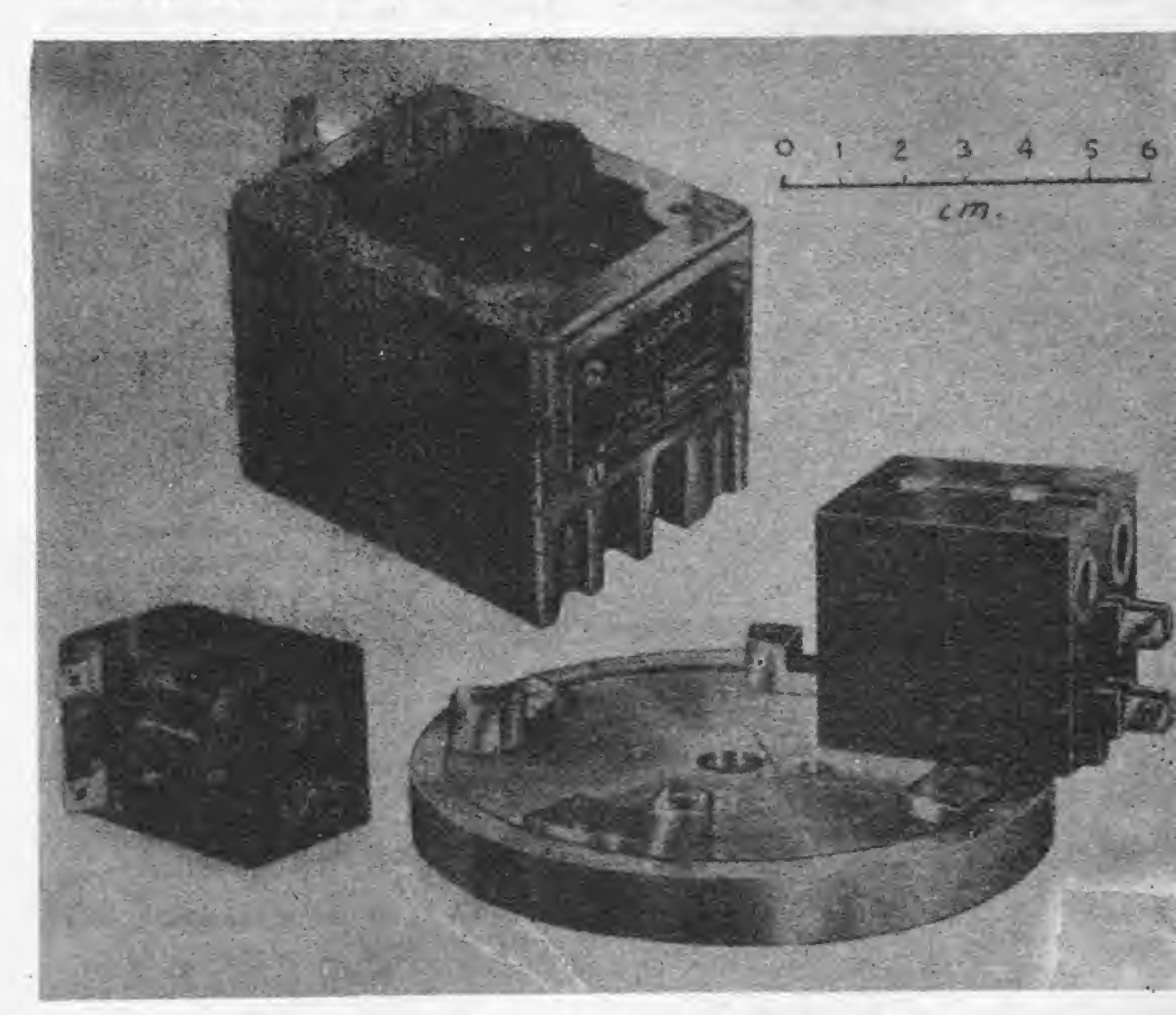


Fig. 78. Conjunto del equipo Lucas para coches de competición.

b) El anticipo automático no actúa: es fijo.

c) El transistor T_3, de germanio (transistor de potencia) que sufre un

calentamiento notable, está bien refrigerado por una fuerte corriente de aire en los autos muy veloces, de competición, pero que dejarían de funcionar bien pronto si se lo instalase en un coche de serie, a poca velocidad y con frecuentes paradas.

d) El conjunto de este sistema de ignición es muy caro y su precio se justifica al instalarlo en coches que ponen en juego el prestigio de una marca de automóviles, pero resulta prohibitivo en coches de serie.

El conjunto del equipo que hemos descrito se representa en la figura 78, viéndose claramente en el volante los 4 salientes de hierro dulce que ponen en acción el captador, cerrando periódicamente su circuito magnético, al girar el eje motriz. Sobre el volante vemos el conjunto del captador, con sus dos bornes del circuito de salida. En la cajita de la izquierda tenemos el conjunto del amplificador, con los transistores T_1 y T_2. Finalmente, la caja grande contiene el generador de chispas, el transistor de potencia T_3, la resistencia regulada R y el transformador especial A, así como el otro transformador, con 3 devanados, siendo el de salida el que alimenta el distribuidor de la alta tensión. Repárese en sus centimétricas dimensiones.

Capítulo V

IGNICION ELECTRONICA DE LAS MOTOCICLETAS

Consideraciones generales

Los mismos problemas relativos a la ignición que hemos considerado respecto de los motores de los automóviles, también se han presentado en los motores de las motocicletas, especialmente cuando intervienen elevado número de revoluciones.

Las mismas técnicas han servido de base para aplicarse a las motocicletas, con la diferencia esencial que tanto el generador de electricidad como el sistema de distribuir la alta tensión difieren de los sistemas empleados en los automóviles. En efecto, generalmente se utiliza el volante magnético como generador de electricidad y es utilizándolo que están basados los sistemas de ignición que vamos a describir, habiéndose adoptado, como preferente, el sistema a descarga capacitativa con conmutador controlado al silicio. Digamos, en fin, que es en las motocicletas de competición en las que encuentra mayor adaptación el sistema de encendido transistorizado, debido a dos causas principales: la mayor seguridad y más potente producción de las chispas, y la imposibilidad de utilizar el sistema tradicional de ignición con los motores de altas velocidades.

Presentamos a continuación dos esquemas de sistemas de ignición para motocicletas, para que el lector tenga un concepto de esta clase de instalaciones.

Sistema Wico

El sistema de encendido que ha ideado esta importante casa constructora norteamericana se representa en la figura 79. Es un sistema que aun siendo similar al tradicional, no tiene rup-

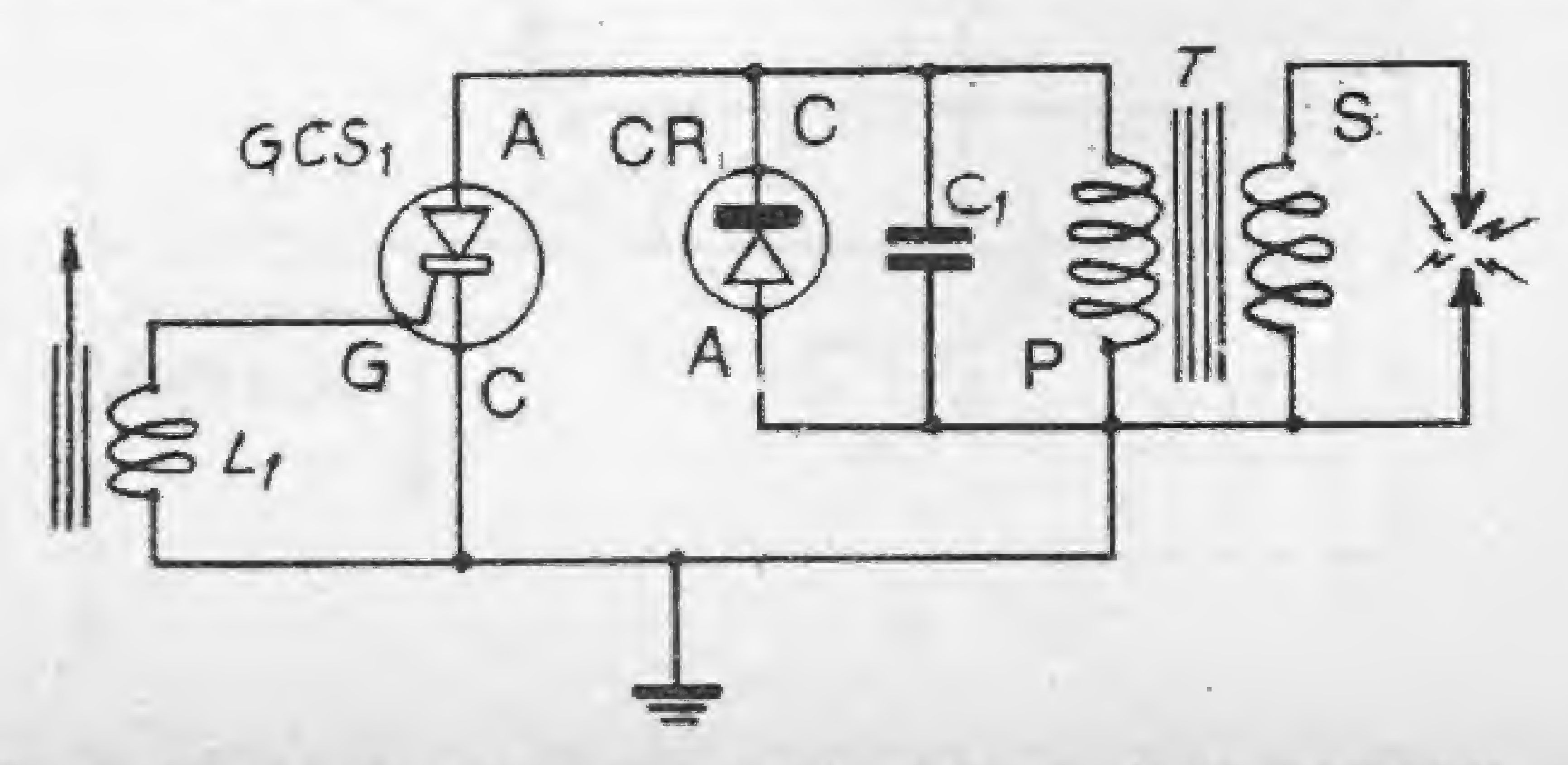


Fig. 79. Esquema del sistema de encendido electrónico de las motocicletas Wico. Sistema a descarga capacitativa con impulso que gobierna el GCS

tor, con lo cual se obtienen las siguientes ventajas:

a) No se producen inconvenientes en los ruptores por la acumulación de polvo ni de vapores de aceite, agua, etc., tan frecuentes en las motocicletas, debido a cómo están expuestos los elementos componentes.

b) Mayor seguridad en el funcionamiento debido a que la afinación de la máquina se prolonga por mucho más tiempo, casi el equivalente a dos años de funcionamiento de la motocicleta.

c) Facilidad de instalación del equipo transistorizado.

Como consecuencia de estas ventajas se obtiene una duración de funcionamiento de unas 2 000 horas sin que tenga que retocarse el sistema de ignición.

En aparato Wico consiste en un Volante Magnético compuesto de un rotor y de un estator. Para cumplir la misión del ruptor hay una bobina que recibe un impulso magnético, el cual sirve para disparar el conmutador controlado. Desde luego el sincronismo de la producción de la chispa es perfecto, puesto que el pick-up montado sobre el rotor, gira con el eje motriz.

Observando el esquema vemos que los elementos utilizados son los fundamentales empleados en los sistemas de ignición sin ruptor. La bobina de alta tensión está conectada de manera que se produzca una tensión positiva entre el ánodo y el cátodo del conmutador controlado al silicio; simultáneamente, un impulso positivo se genera en el electrodo de control G del pick-up L_1, al pasar este último ante el excitador magnético.

La relación entre el impulso recibido por el pick-up y el aplicado a la bujía es tal que cuando se aplica el impulso positivo al electrodo de control, G, del GCS_1 coincide en el instante que la corriente del primario empieza a aumentar, obteniéndose de esta manera el mismo efecto que se produce cuando se cierran los platinos del ruptor en el sistema de ignición tradicional. Cuando la corriente del primario es máxima, el electrodo de control G recibe una tensión negativa, la cual, debido a las propiedades del GCS, produce una interrupción del circuito primario, sin chispa alguna: el resultado es que se produce un impulso de tensión en el secundario muy potente.

El capacitor C_1, cuya capacidad es de 0,15 microfarads aproximadamente, sirve para mejorar el efecto de conmutación del CGS y, a la vez, para que el funcionamiento del CGS se realice con la mayor seguridad. Un diodo, CR_1, conectado en sentido inverso, tiene por objeto suprimir la com-

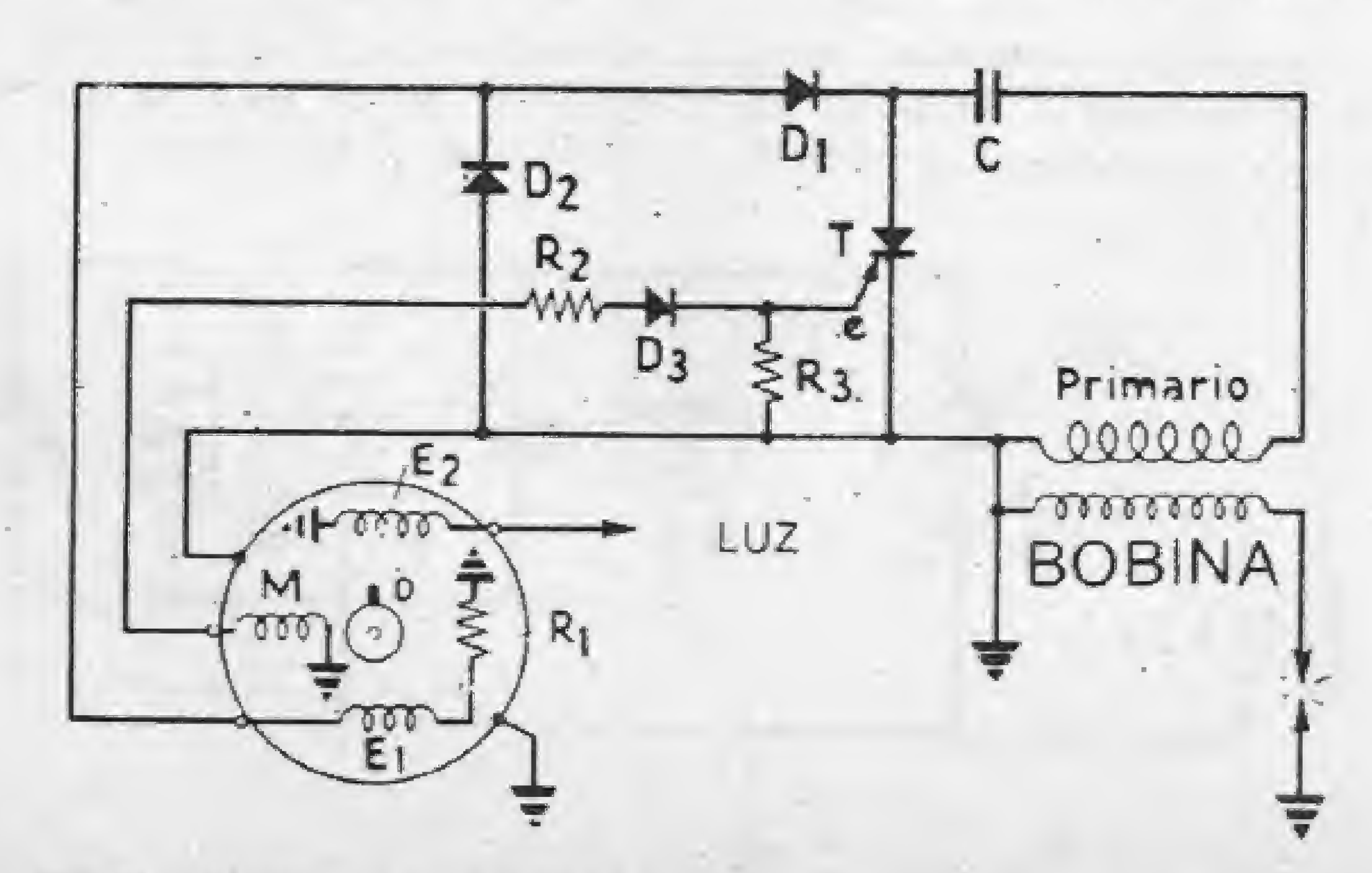


Fig. 80. Esquema del sistema de encendido de motocicleta Novi, con volante magnético y equipo electrónico. Descarga capacitativa gobernada por el impulso magnético que actúa el tiristor T

ponente de signo negativo de la bobina de ignición.

El dispositivo que acabamos de presentar tiene la desventaja que es de un costo algo elevado; pero, tiene la ventaja de que su funcionamiento es seguro y más eficaz que el sistema tradicional a ruptor. Desde luego, al equiparse en motocicletas de competición, el problema del costo es secundario.

Sistema Novi-PB

Basado en principios similares a los ya descritos, el esquema de la figura 80, representa otro sistema de ignición para motocicletas.

El generador de electricidad también es un volante magnético, siendo el bobinado E_1 el que produce la tensión principal, cuya misión es cargar el capacitor C, y el devanado E_2 el que genera la corriente para el sistema de iluminación; la resistencia R_1 sirve de regulación y en cuanto al generador de impulsos está formado por el devanado M.

El dispositivo electrónico está formado por los diodos, D_1, D_2 y D_3, que actúan de rectificadores y protección. El capacitor-C se carga a una determinada tensión que en el momento oportuno, por la acción del tiristor T, se descarga a través del devanado primario induciendo en el secundario de la bobina una potente corriente inducida que se traduce por una potente chispa en la bujía.

Con estos ejemplos ya vemos cuál es la orientación de los sistemas de ignición electrónica adaptada a las motocicletas.

TERCERA PARTE

EL ALTERNADOR

Capítulo I

LAS CORRIENTES ALTERNAS

Necesidad del alternador

Varias han sido las causas de que se haya tratado de sustituir la dínamo por el alternador en los automotores. Entre ellas debemos mencionar que las nuevas orientaciones en la construcción de los motores térmicos han sido dirigidas a hacerlos funcionar a fuertes compresiones y muy altas velocidades, condiciones, ambas, que han planteado nuevos problemas, para obtener una buena ignición de la mezcla. Por otra parte la densidad de tránsito es tan grande en las ciudades importantes que obliga a los coches a marchar lentamente durante mucho tiempo, en cuyas condiciones la dínamo no carga la batería, manteniéndola en malas condiciones, arruinándose. Por si todo esto fuese poco el consumo de electricidad en los coches modernos ha aumentado tanto que la batería trabaja forzada y mal cargada.

Estos son los dos grandes problemas que tenían que resolver los ingenieros especializados de las más importantes fábricas de automóviles, llegando a la conclusión de que la dínamo si bien resolvió todas las necesidades de los coches de hasta 1950, no podía satisfacerlas con los coches nuevos y surgió una idea muy sencilla y maravillosamente eficaz: sustituir la dínamo por el alternador y, además, adoptar algunos dispositivos electrónicos complementarios: el alternador produciría la energía que la dínamo no podía producir y los dispositivos electrónicos permitirían la rapidísima ignición moderna que, la ignición tradicional, no puede realizar.

Se puede mejorar, en forma muy sencilla, el funcionamiento de los coches que no poseen estos elementos nuevos, o sea que funcionan con una dínamo y el encendido tradicional a ruptor. Para estos casos, que son la casi totalidad de los coches existentes, se han adoptado soluciones mixtas que analizaremos oportunamente en forma detallada para su aplicación práctica.

En resumen, gracias al alternador ha sido posible tener la batería siempre bien cargada y, además, los dispositivos electrónicos han permitido obtener una ignición segura y potente en motores que funcionan a la fantástica velocidad de 200 revoluciones por segundo.

Cómo funciona el alternador. Esta máquina tiene por objeto producir electricidad cuya tensión varía periódicamente. El principio de su funcionamiento es similar al de la dínamo, descrito detalladamente en la obra **Sistemas Eléctricos del Automóvil** (fig. 152 y siguientes). Volvemos a reproducir esta figura, ahora como figura 81 A, para facilitar al lector estas explicaciones.

Haciendo referencia a esta figura vemos que cada vuelta de la espira

ABCD genera dos medias alternancias, ambas del mismo signo, gracias a la acción del colector G (que no es otra cosa sino un rectificador mecánico) cuya misión es fraccionar en medios ciclos la alternancia completa, todos del mismo signo: esta rectificación de la corriente es indispensable para así poder cargar la batería.

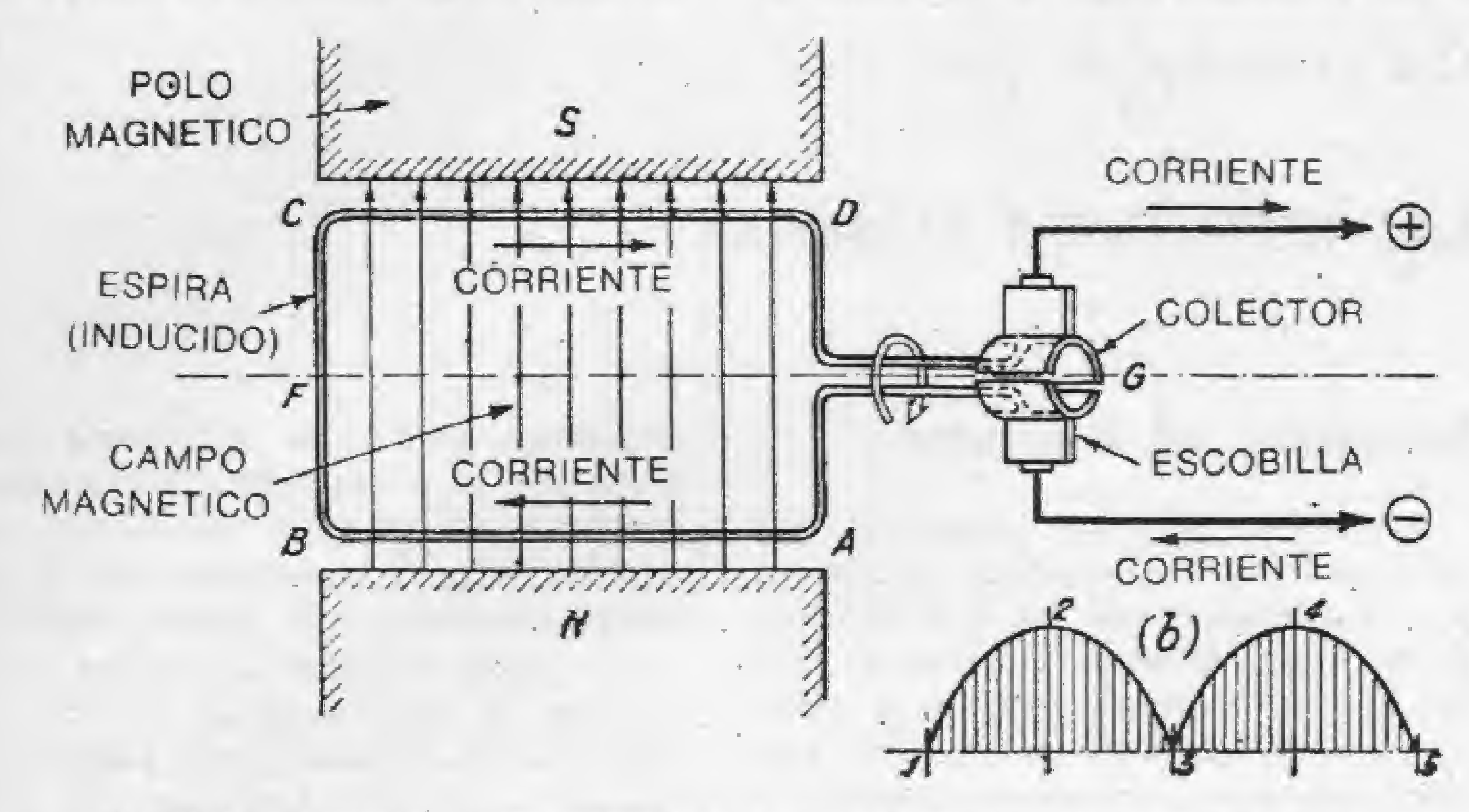


Fig. 81 A. Generación de energía eléctrica por medios magnéticos y mecánicos.

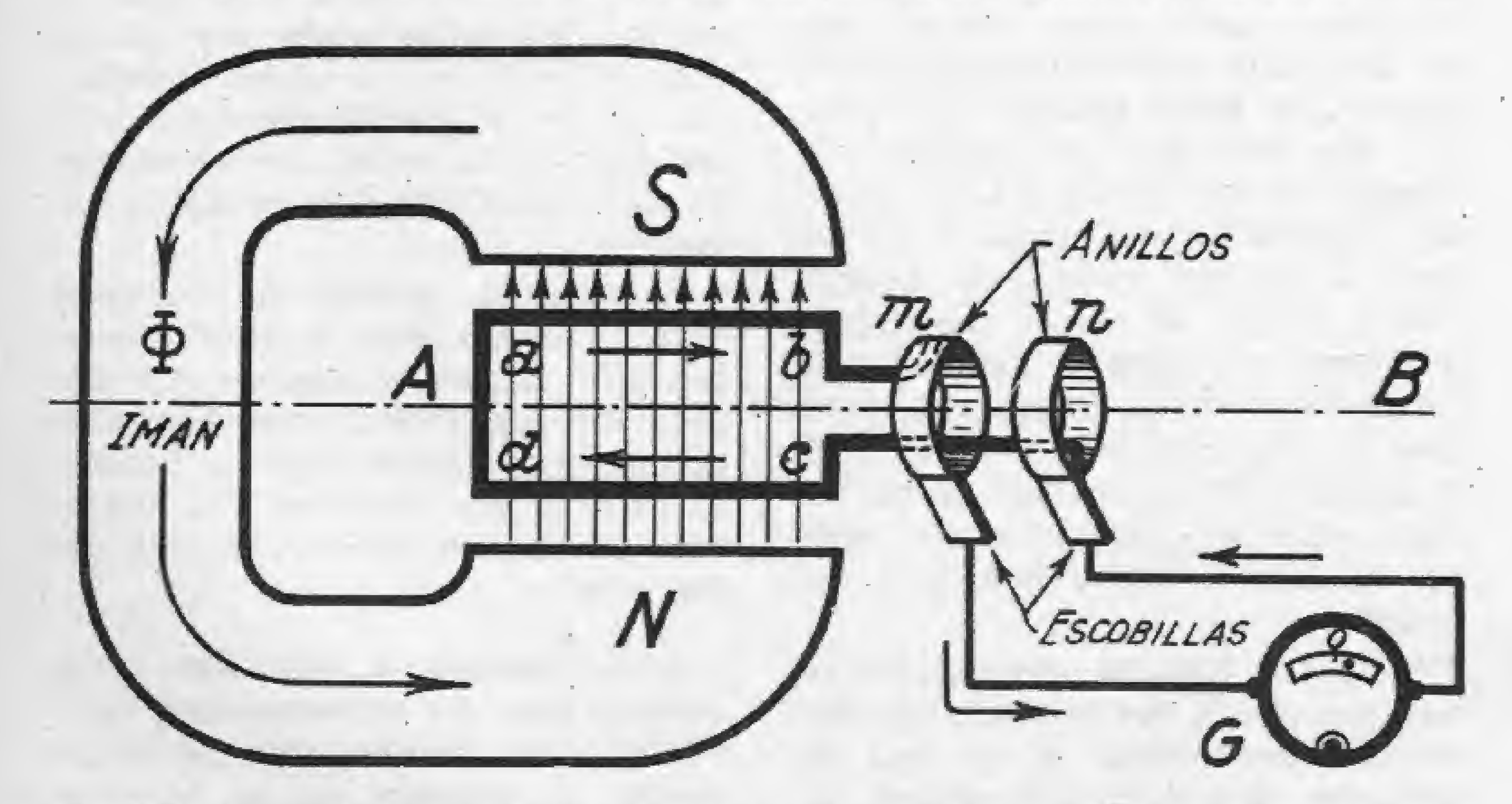


Fig. 81 B. Representación esquemática de un alternador monofásico con una espira, a-b-c-d, que se conecta a dos anillos, m y n, que envían la corriente al circuito exterior mediante las escobillas. El instrumento G señala el paso de la corriente.

Es evidente que si sustituimos el colector por dos anillos (fig. 81 B) a cada uno de los cuales conectamos un extremo de la espiral abcd, que gira en el campo magnético del imán NS, según el eje AB, en las escobillas *m* y *n* recogeremos una fuerza electromotriz inducida cuyo sentido de propagación se invertirá a cada media vuelta de la espira (tal como se explicó al describir el funcionamiento de la dínamo), cuya representación gráfica indicamos en la figura 82. Observamos que la dínamo sería un alternador si no tuviese el colector que invierte el sentido de la corriente a cada media vuelta de la espira, tal como repre-

senta (b) de la figura 81 A. La primera es una corriente rectificada, que circula siempre en el mismo sentido y, por lo tanto, apta para cargar un acumulador, mientras que la figura 82 representa una corriente alterna, que cambia de sentido de propagación a cada medio ciclo y por lo tanto no sirve para cargar un acumulador, puesto que las reacciones químicas que se producirían en un medio ciclo se invertirían en el medio ciclo siguiente:

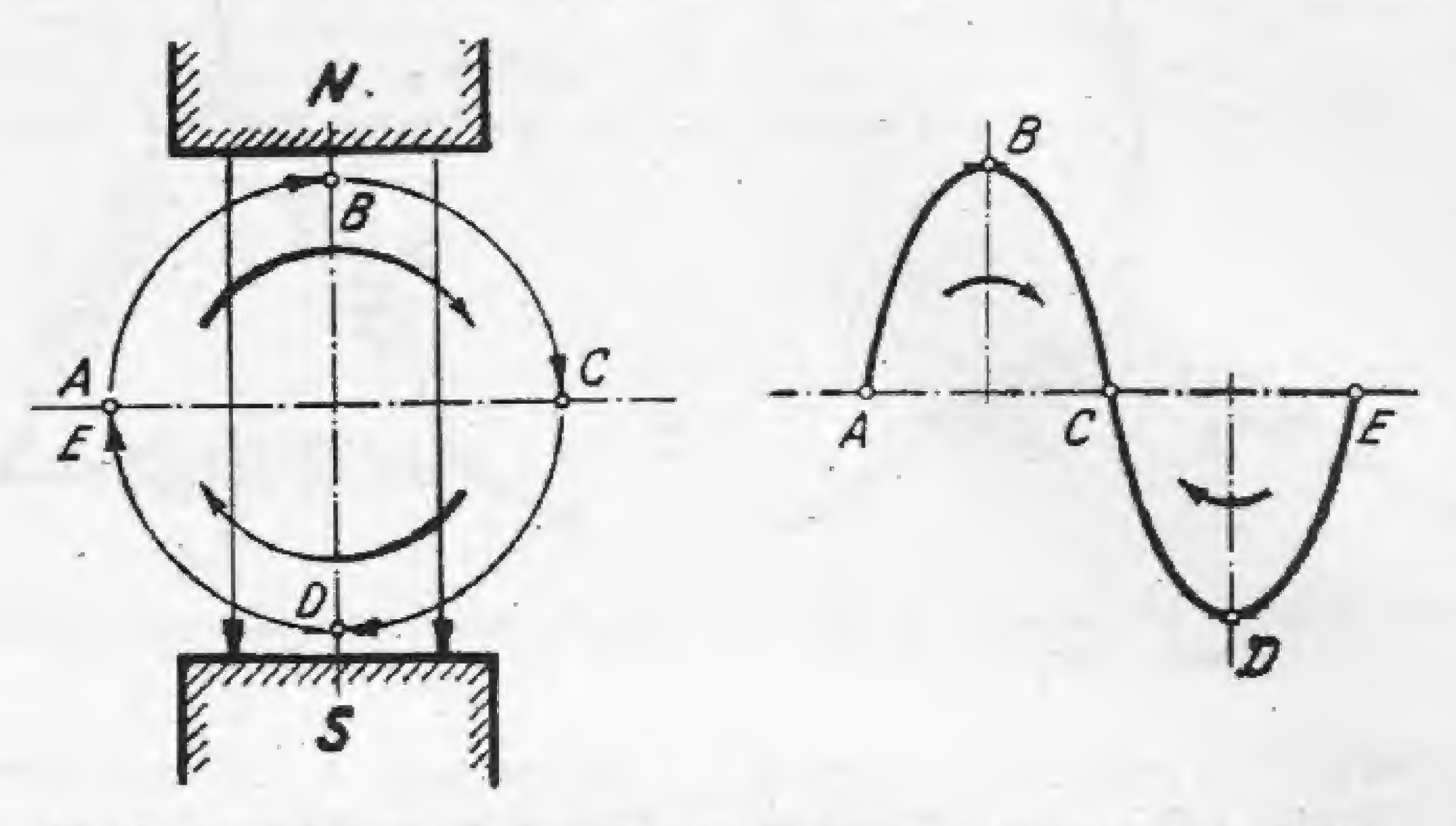


Fig. 82. Forma de una corriente monofásica y valores que adquiere al pasar la espira por los puntos A, B, C, D y reiniciar el ciclo en E-A.

es necesario rectificarla, lo cual realizaremos por medio de *diodos*, que cumplen la misma finalidad que el colector en la dínamo, sólo que ahora esta función rectificadora se realiza fuera de la máquina, sin movimientos ni desgaste, y sin necesitar cuidado alguno.

Es evidente que si nuestra dínamo tuviese una sola espira (o bobina, formada de muchas espiras) enviaría impactos de energía a la batería (representados por las medias alternancias), mientras que si disponemos distintas espiras debidamente espaciadas, obtendremos una corriente ondulante, siempre del mismo sentido, de suerte que el acumulador recibirá una corriente casi uniforme.

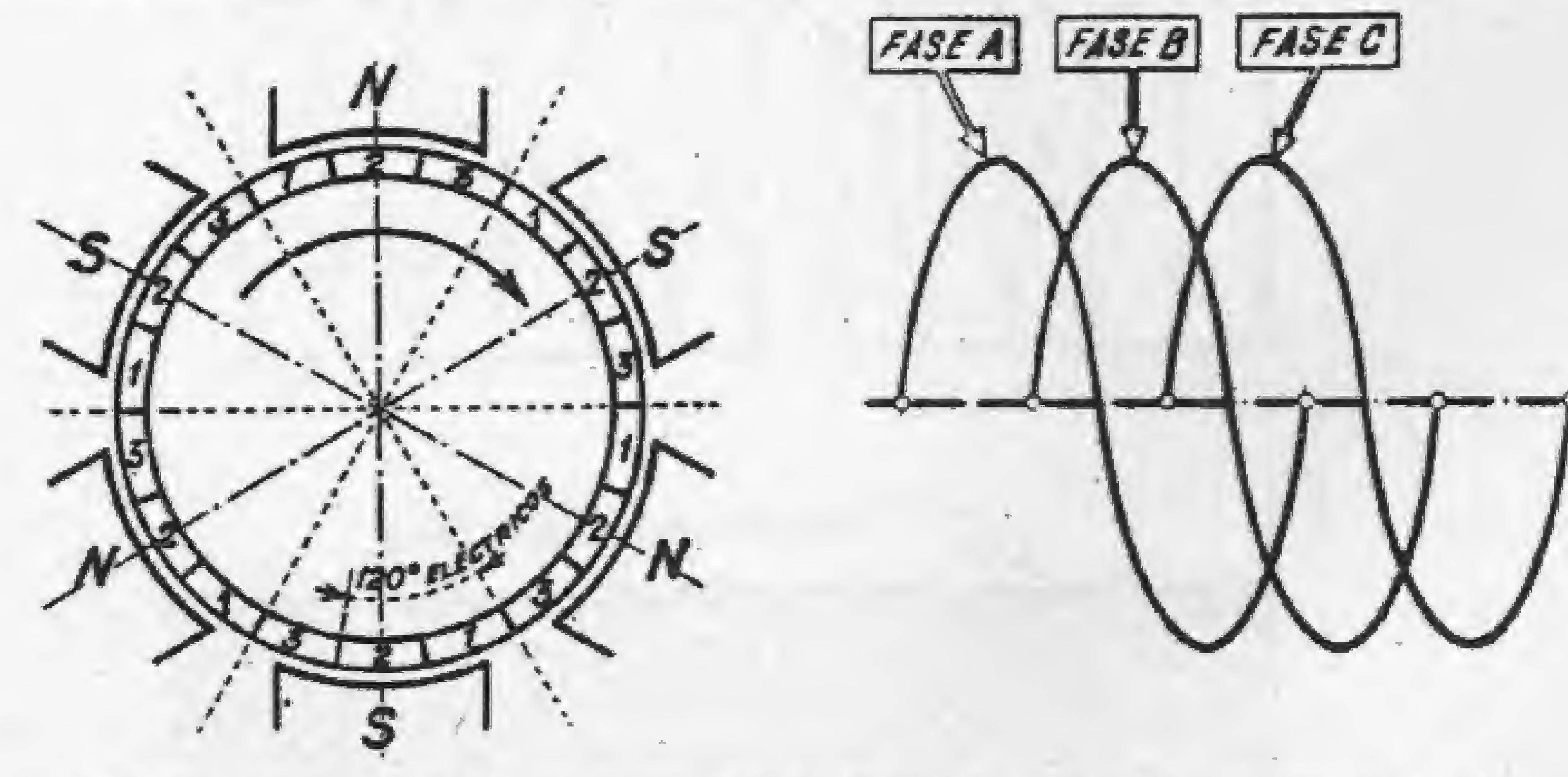


Fig. 83. Vista frontal de un alternador trifásico de 6 polos y representación de las corrientes que produce, desplazadas entre sí 120° eléctricos entre fases.

Con la corriente alterna sucede algo similar. Si nuestro alternador tuviese 3 espiras, o bobinas (llamadas

devanados de fase), espaciadas angularmente a 120° unas de otras, entonces se generarían 3 corrientes alternas separadas, llamadas trifásicas, cuya re-

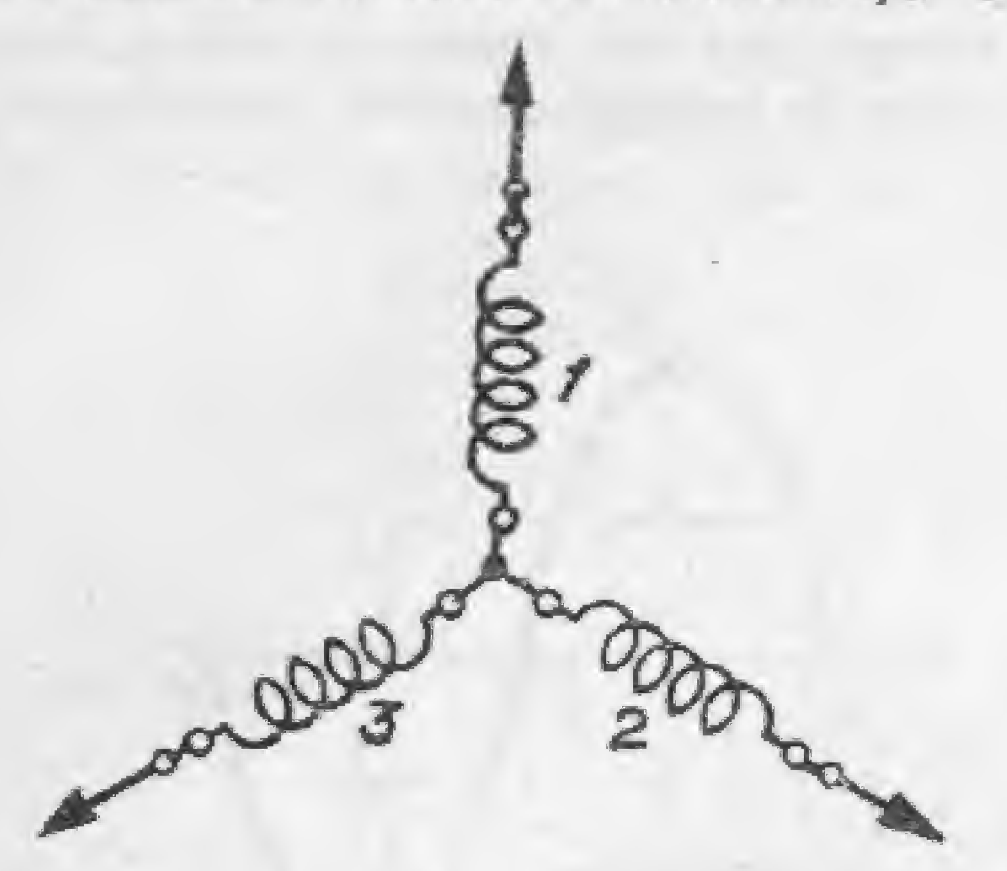


Fig. 84. Conexión en "estrella" de una corriente trifásica.

presentación se indica en la figura 83. Las 3 espiras están eléctricamente aisladas entre sí y funcionan independientemente, con un par de anillos cada una, si se quieren obtener 3 corrientes separadas, pero, prácticamente, estas 3 bobinas se interconectan entre sí en estrella (fig. 84) o en triángulo (fig. 85) empleándose ambos sistemas de conexión en los alternadores empleados en los automóviles [1].

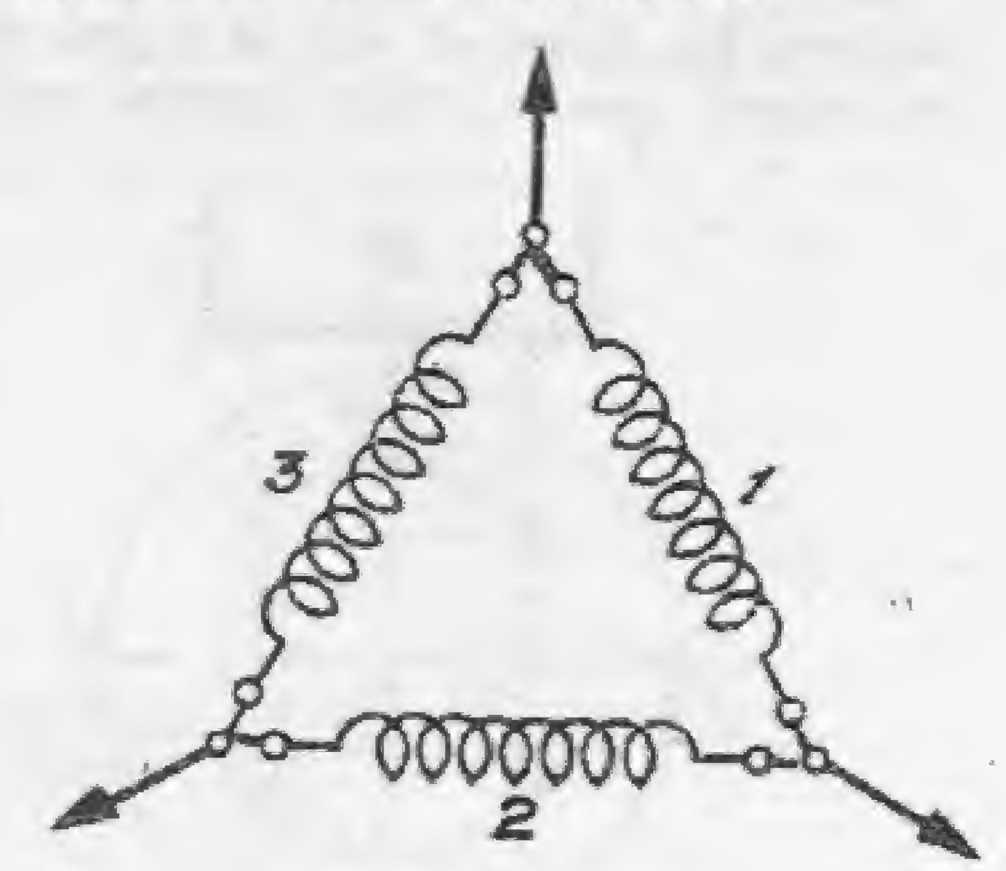
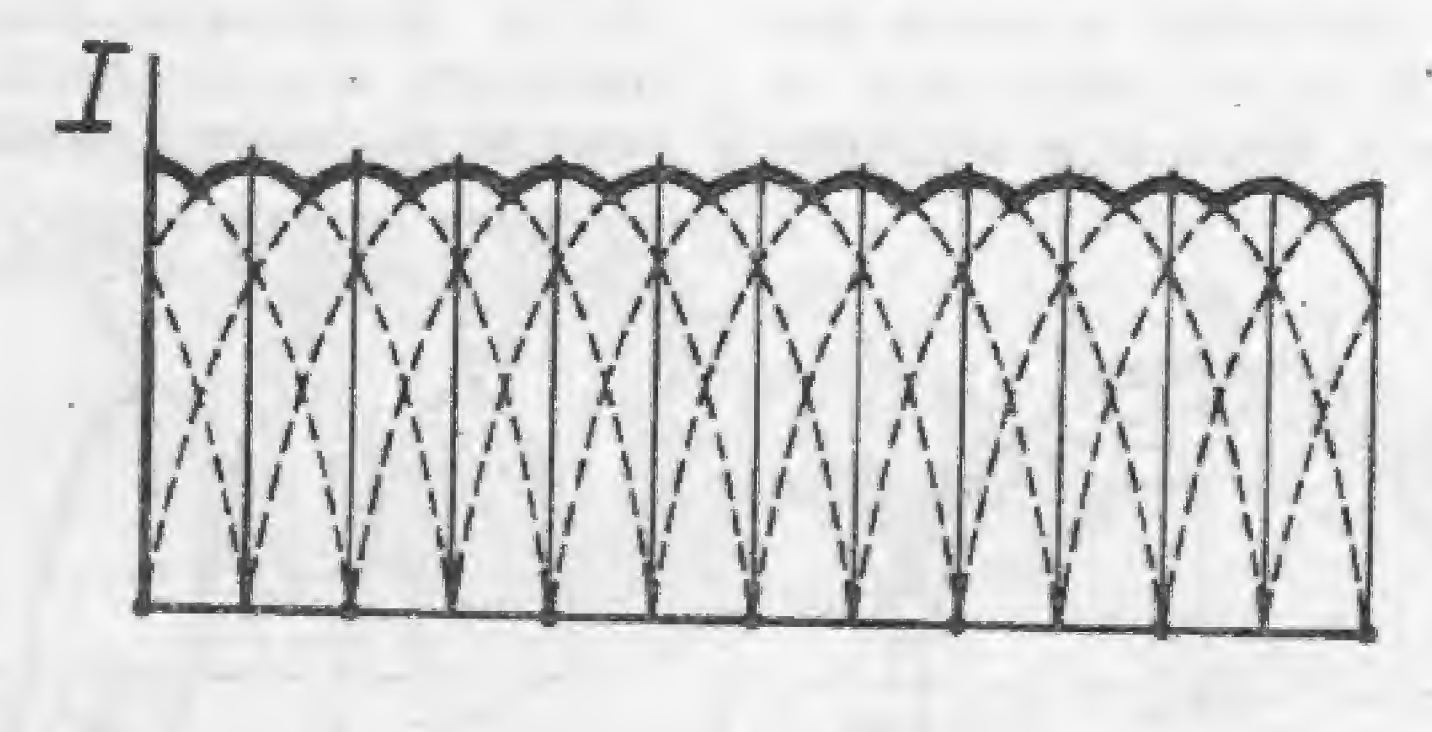


Fig. 85. Las 3 fases están interconectadas en "triángulo".

Ahora bien, si una corriente trifásica, la rectificamos totalmente obtendremos una sucesión de medios ciclos dispuestos tal como se representa en

1 Ver *Electrotécnica Industrial* donde se describen, detalladamente, las corrientes alternas y los alternadores.



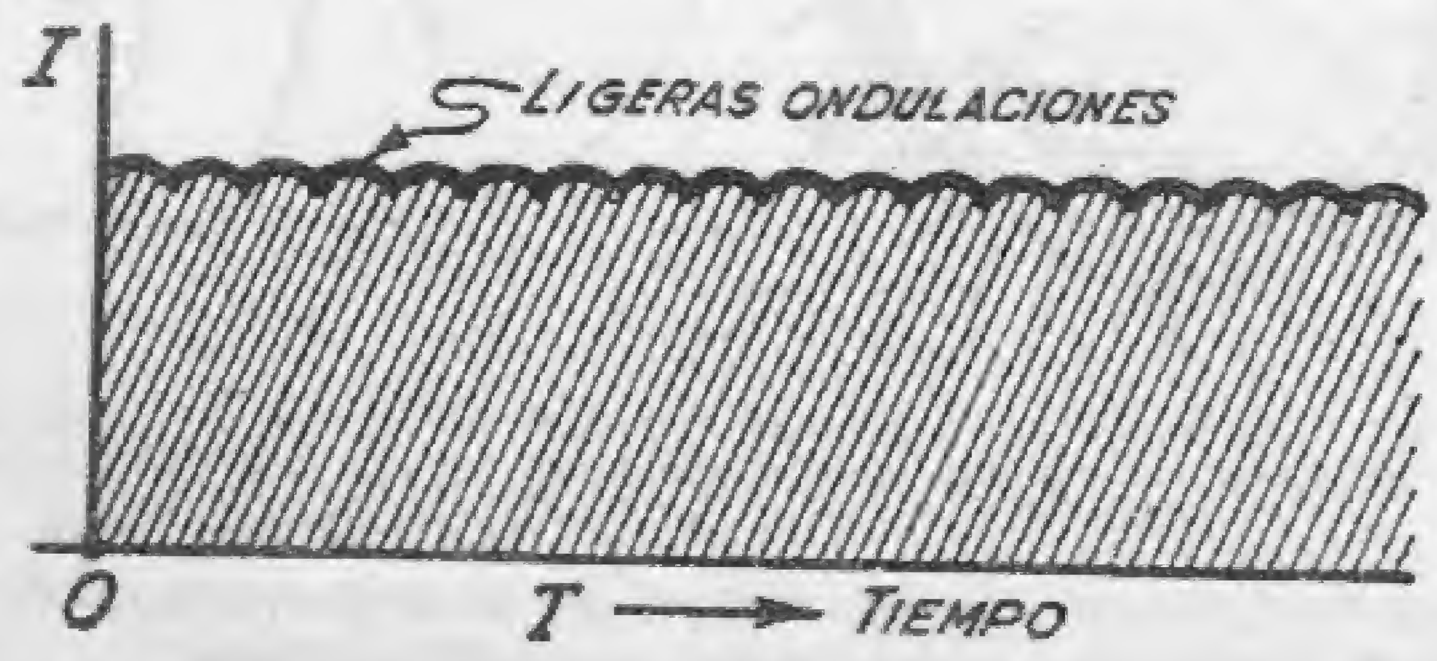


Fig. 86. Proceso de rectificación de las corrientes trifásicas. En 1) se representa una corriente rectificada; en 2) se destacan los "picos" de estas corrientes; en c) tenemos la corriente resultante, que es casi continua.

la figura 86, es decir fluctuante en un porcentaje muy reducido, apto para cargar la batería: es la solución que se emplea en los autovehículos, utilizando 6 diodos en total, 2 para cada una de las 3 corrientes monofásicas que produce el alternador.

Resumiendo todo lo explicado, el alternador funciona basándose en los mismos principios de la dínamo, con la diferencia fundamental de que no rectifica la corriente producida. El alternador entrega corriente alterna al circuito exterior, por medio de anillos, rectificándose luego mediante dispositivos electrónicos, evitándose así todos los inconvenientes, eléctricos y mecánicos, que tiene el colector.



Capítulo II

ALTERNADORES PARA AUTOMOTORES

Los sistemas fundamentales

Se denomina automóvil a todo vehículo que tenga medio de locomoción propio, es decir, que genere la energía necesaria para su desplazamiento sin ninguna conexión exterior para recibir esta energía. En esta categoría tenemos los automóviles, camiones, motocicletas, etc.

Los alternadores utilizados en los automóviles pueden clasificarse en tres categorías: 1) a polos salientes; 2) con circuito Lundell; 3) a flujo oscilante.

1) **Alternador a polos salientes.** Este es el primer tipo de alternador que se utilizó en los automóviles, y que siguen utilizando todavía algunas marcas de coches: la figura 87 representa su aspecto general. Exteriormente se

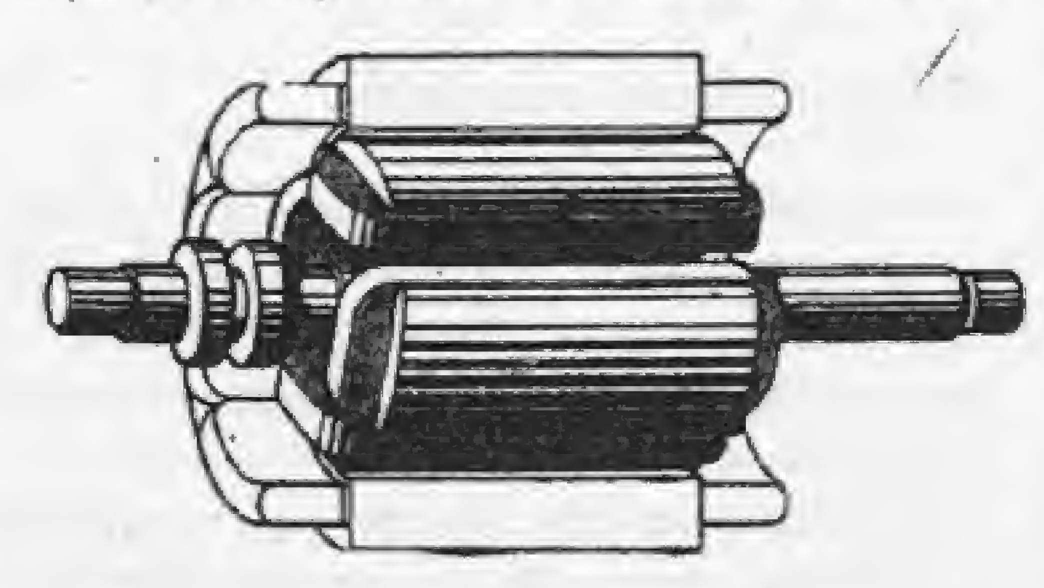


Fig. 87. Vista del rotor de un alternador a polos salientes.

semeja a la dínamo, con algunos de sus inconvenientes: es muy largo, pesa mucho y sólo puede alojar pocos polos (a menos de ser muy voluminoso), lo cual limita la frecuencia de la corriente alterna que produce. Es así que un alternador de 4 polos de este tipo cuando gira el rotor a 3 000 rpm produce una frecuencia de:

$$\text{Frecuencia} = 4 \times 3\,000/120 = $$
$$= 100 \text{ ciclos por segundo}$$

Veremos luego que a esta misma velocidad del rotor se triplica la frecuencia con el alternador Lundell, que es el que actualmente se usa casi exclusivamente en los automóviles en general.

2) **Alternador Lundell.** La diferencia básica entre el alternador tradicional y el alternador Lundell reside en la construcción del rotor, representado en la figura 88.

El rotor del alternador Lundell tiene la forma de una S en cuya rama media se coloca la bobina por la cual circula corriente continua y transforma al rotor en un electroimán, con los polos tal como se indica en la figura. Esta genial disposición es la que ha permitido la adaptación práctica del alternador a los automóviles, pues no sólo ha reducido sus dimensiones y peso, sino que además ha hecho posible la construcción de un alternador con un mayor número de polos y, en consecuencia, generar una frecuencia más elevada, lo cual favorece la rectificación de la corriente alterna que producen. A título de ejemplo, un alternador Lundell, de 12 polos, girando

el rotor a 3 000 rpm produce una frecuencia, por segundo, de:

$$\text{Frecuencia} = 12 \times 3\,000/120 = 300 \text{ ciclos}$$

o sea, una frecuencia tres veces mayor que la producida por un alternador usado actualmente, es de construcción sumamente sencilla. El rotor consiste en un cilindro, de hierro laminado, en el cual se han practicado una serie de ranuras longitudinales, en el sentido de su eje, teniendo así el aspecto del inducido de una dinamo sin bobinar.

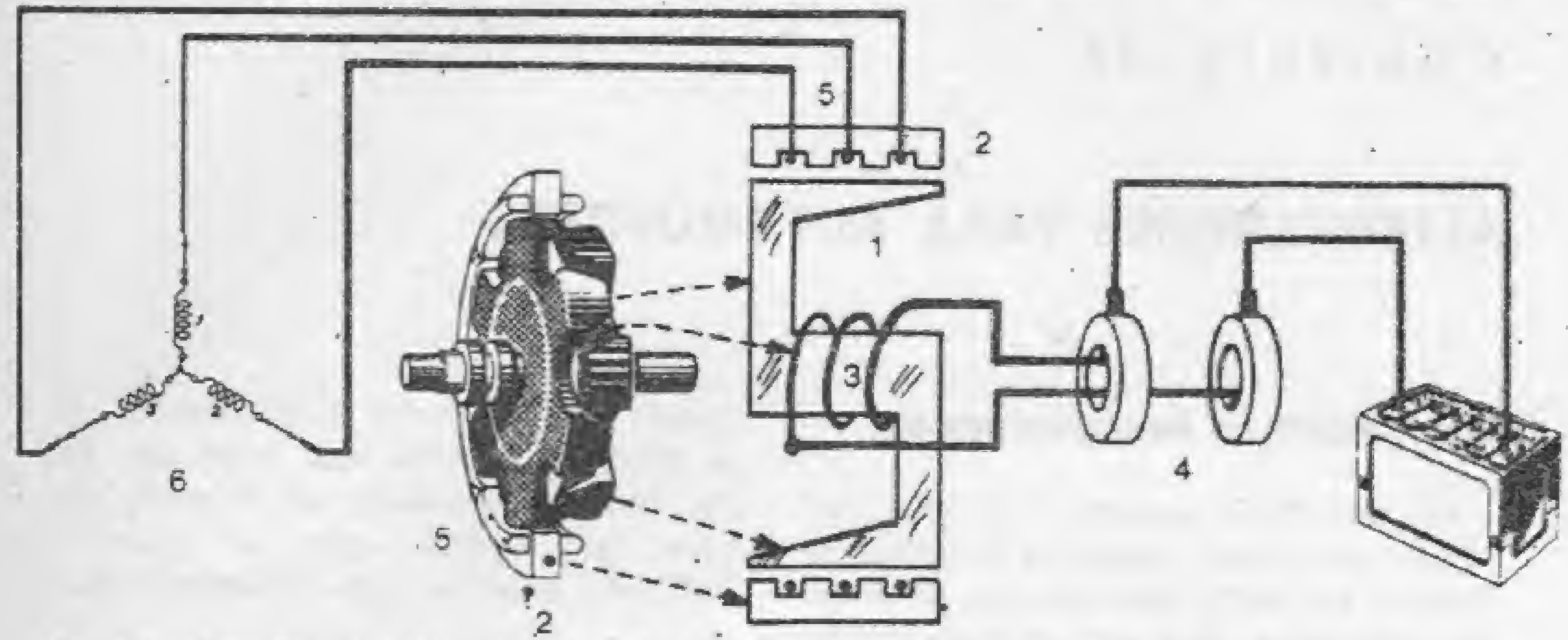


Fig. 88. Alternador Lundell. Representación panorámica de los diversos componentes y forma de sus interconexiones. Las partes esenciales están indicadas por medio de flechas que relacionan la parte esquemática y su representación real. El rotor, en forma de una "S", está indicado claramente, formado por dos placas con apéndices que constituyen las dos coronas de polos de nombres contrarios.

a polos salientes cuyo rotor gire a la misma velocidad.

3) **Alternador a flujo oscilante.** Este generador de corriente alterna, poco

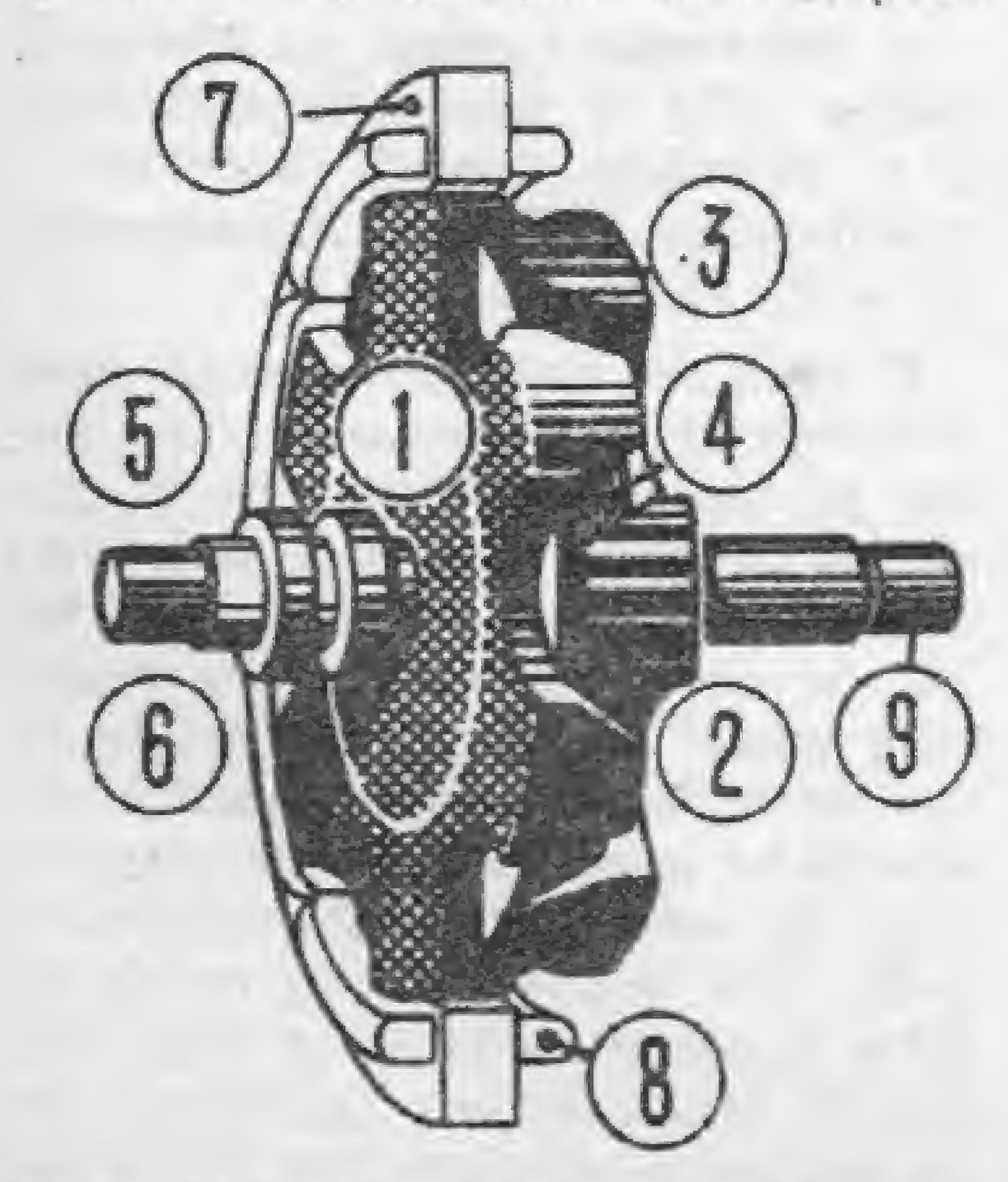


Fig. 89. Alternador Lundell; 1) y 2) placas que contienen los polos alternadamente dispuestos; 3) masa polar de una de las placas; 4) bobina; 5) y 6) anillos que reciben la corriente continua para alimentar la bobina; 7) estator; 8) bobina de una fase; 9) eje del alternador.

Al girar este rotor, puramente metálico, ante las expansiones polares del estator, estos salientes hacen variar el flujo magnético que emana de los pares de polos sucesivos, lo cual produce el efecto de que los devanados que rodean esas masas polares reciban una variación de flujo magnético y, como consecuencia de ello, se genera en esos devanados una fuerza electromotriz inducida.

Alternadores Lundell

Actualmente se emplea casi exclusivamente este tipo de alternador en los automóviles. Se representa en la figura 89 cuyas distintas partes vamos a comentar.

Se compone de dos discos, o placas circulares, (1) y (2), con salientes (3). Estos discos están dispuestos de tal forma que esos apéndices salientes se colocan en forma alternada, como se ve en la figura claramente. Estas dos placas están construidas con un acero especial y están montadas en un eje que gira por medio de una co-

rrea por el eje del motor del coche, en forma similar al utilizado para hacer girar al inducido de las dínamos.

Las dos placas están separadas entre sí por una distancia de unos cuantos centímetros; es en este espacio donde se coloca una bobina, (4), por cuyo devanado se hace circular corriente continua recibida de la dínamo por medio de dos anillos, (5) y (6), sobre los cuales frotan dos escobillas conectadas permanentemente con el acumulador, teniendo así asegurada su alimentación cuando gira el conjunto de los dos platos.

Como que la bobina que forma los polos de estas dos placas está colocada entre ellas, sobre el mismo eje, resulta que al circular por esta bobina la corriente continua se convierte en un electroimán, con sus polos N y S, resultando de ello que cada placa está imantada con la polaridad correspondiente a la que tenga ese extremo de la bobina, de donde resulta que los apéndices de cada placa tendrán todos ellos esa misma polaridad, N o S. En resumen, dispondremos de dos coronas de polos, norte y sur, dispuestas alternadamente gracias a que la bobina colocada entre las dos placas recibe corriente continua en forma permanente, de la batería, mediante los anillos 5 y 6, a través de las escobillas que en ellos se apoyan. A este conjunto giratorio se lo denomina rotor y actúa, en el alternador Lundell, como inductor. El modelo más generalizado tiene 12 polos en total, 6 en cada placa, lo cual equivale a decir que hay 6 polos N y seis polos sur.

Esta corona de polos, de polaridad alternada, gira dentro de una carcasa (7) similar a un anillo, construido con láminas de hierro dulce muy puro, para evitar que se generen corrientes de Foucault. Este anillo constituye el estator de nuestro alternador y tiene en su interior una cantidad de ranuras en las cuales se alojan unas bobinas (8) en cuyos devanados se producen corrientes alternas inducidas al pasar entre ellas los polos del rotor.

Se ha preferido que los alternadores empleados en los autovehículos sean trifásicos porque una vez redrezadas las 3 fases se obtiene una corriente casi continua, con muy ligeras fluctuaciones, como se ha representado en la figura 86. Para la finalidad de cargar la batería la corriente así obtenida es prácticamente constante, máxime si tenemos en cuenta que, como promedio, estas ligeras ondulaciones se producen a un ritmo del orden de un millar por segundo. Estas corrientes alternas, monofásicas y trifásicas, son rectificadas por medio de diodos.

Asimismo, es oportuno explicar por qué estos alternadores tienen el inductor giratorio y, los circuitos donde se induce la electricidad, en el estator. Se ha hecho esta elección (inversa del caso de la dínamo) porque la bobina que forma las dos coronas de polos magnéticos requiere muy poca corriente (del orden de 2 a 3 A en varios tipos de alternadores) que pasan con toda facilidad por medio de las escobillas y los anillos 5 y 6, mientras que los devanados del estator generan intensidades relativamente elevadas, del orden de 40 a 50 A en muchos casos, que son conducidos con toda facilidad a los diodos debido a que estos circuitos están fijos.

El conjunto de rotor y estator que acabamos de describir, constituye lo que podríamos decir la parte esencial del alternador Lundell, en el cual están basados los diversos tipos construidos actualmente por los fabricantes de coches americanos y europeos, así como por grandes fábricas que construyen equipos especiales para los sistemas eléctricos de los automóviles. Mencionamos las firmas mundialmente conocidas: Delco-Remy, Lucas, Autolite, Ducellier, etc. Especialmente en coches americanos construidos desde 1960 encontramos el alternador en sustitución de la dínamo lo mismo que, desde épocas más recientes, en bastantes coches europeos.

Vamos a presentar ahora los prototipos de los alternadores para auto-

móviles construidos por las más importantes fábricas del mundo.

ALTERNADOR "LUCAS"

Se representa en piezas separadas en la figura 90, viéndose claramente la disposición de sus diversos componentes. Las tres partes principales son: el rotor (1); el estator (2); los portadiodos (3).

po magnético del rotor mediante dos escobillas (8), visibles en la parte derecha, junto a la caja portaescobillas (9).

El estator está compuesto por un aro laminado de 24 ranuras, bobinado en 3 fases conectado en estrella y encastrado entre dos tapas de aluminio.

El rotor es de ocho (8) polos cuyo bobinado de campo va conectado a

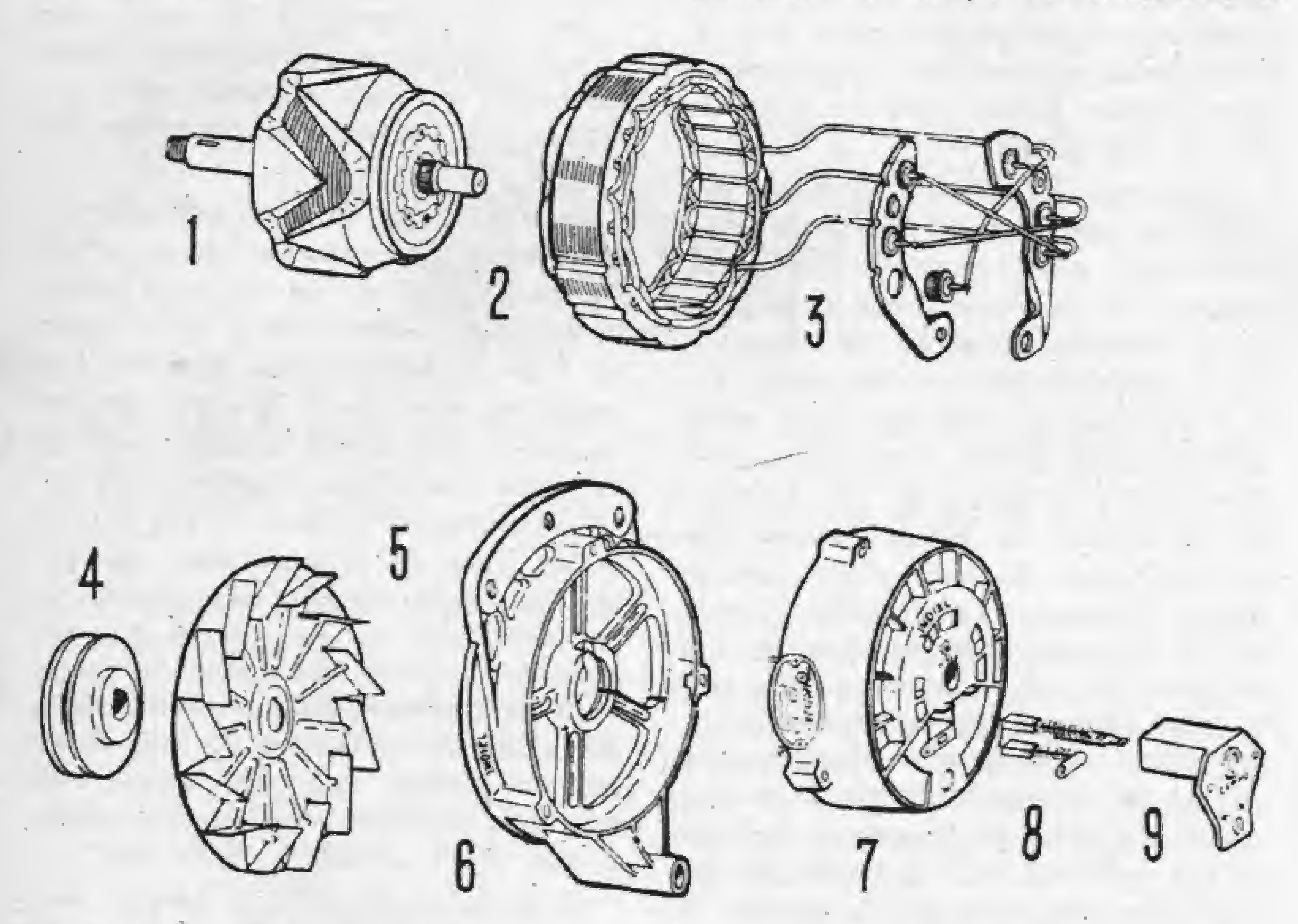


Fig. 90. Alternador Lucas; 1) rotor; 2) estator; 3) placas portadiodos; 4) polea; 5) ventilador; 6) armazón soporte; 7) armazón con el portadiodos; 8) escobillas para alimentar la bobina del rotor; 9) soporte de las escobillas.

Del rotor podemos ver los dos grupos de polos, N y S, alternadamente dispuestos, entre los cuales vemos una serie de rayas paralelas muy juntas: representan el devanado de la bobina que polariza las dos coronas de polos. Es digna de mención la parte derecha del rotor, que representa dos placas circulares, separadas entre sí por medio de una especie de anillo en forma de cadena con eslabones rectangulares. Estas dos placas circulares, frontales, son los anillos que conectan, en forma permanente, la bobina excitadora del campo dos anillos rozantes, montado sobre el mismo eje del rotor.

Los extremos del eje están montados sobre rodamientos con lubricación de fábrica para su vida útil.

En la tapa posterior de aluminio se encuentran montadas las dos portaescobillas de conexión para el energizado del campo rotor. Además allí también están las 2 placas de soporte de los 6 (seis) diodos rectificadores, conectados en puente a las 3 (tres) fases, para transformar la corriente *alternada* producida, en corriente *continua*.

Estos diodos son refrigerados por la corriente de aire que atraviesa el alternador, corriente que produce el ventilador de 133 mm de diámetro ubicado sobre la polea de mando, lo que asegura una completa y adecuada refrigeración, inclusive del bobinado.

Básicamente el alternador Indiel 11 AC [1] se compone de un bobinado estacionario, que produce corriente alternada, la que es rectificada por medio de *6 diodos de silicón* incluidos dentro de la máquina misma, posibilitando con ello la refrigeración de los mismos por medio del ventilador ubicado sobre la polea de impulsión. El campo giratorio es excitado desde del extremo impulsor (6), con el ventilador (3), para enfriar los diodos; finalmente se representa la polea (4), que impulsa el rotor.

ALTERNADOR "PRESTOLITE", ALE 5001

Es del sistema Lundell, siendo semejante a todos los de este sistema. En la figura 91 se representan sus elementos principales.

El estator (2) está formado por un anillo construido con láminas muy delgadas para evitar su calentamiento por el efecto de la corriente alterna. Contiene una serie de ranuras, paralelas

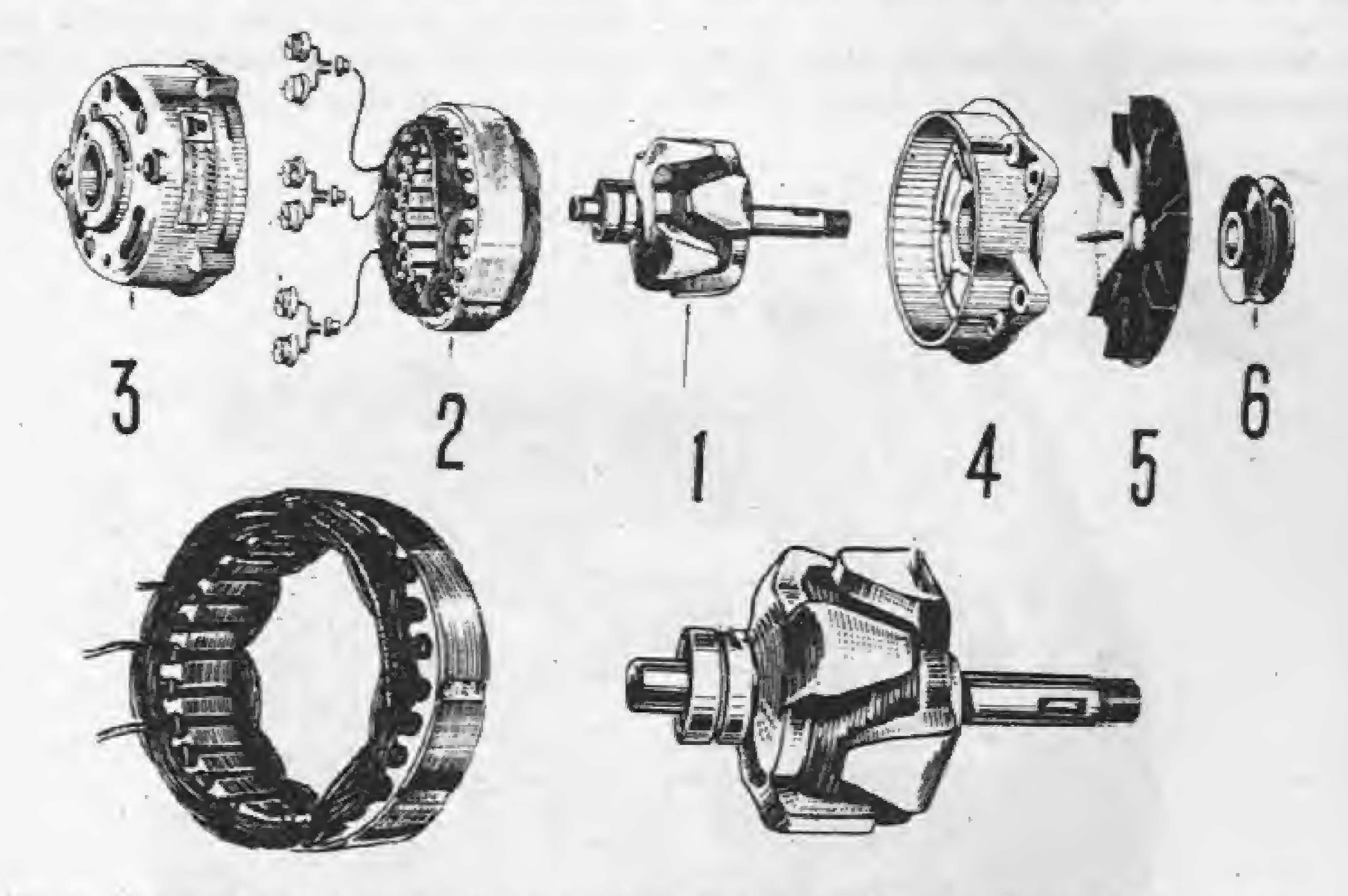


Fig. 91. Alternador Prestolite: 1) rotor, 2) estator y los diodos rectificadores; 3) armazón soporte del alternador; 4) armazón complementario; 5) ventilador; 6) polea motriz del rotor.

la batería a través de un par de aros rozantes provistos de 2 escobillas de rozamiento; la corriente que circula a través de éstos no representa inconveniente debido a la poca intensidad; alrededor de 2,5 A.

En la figura de página 92 vemos la tapa del alternador (7), del lado que contiene los diodos, mientras que a la izquierda del rotor tenemos la tapa

al eje, en las cuales se alojan los lados de bobina de los devanados estatóricos trifásicos, conectados en estrella.

El estator, que representa los 6 diodos rectificados, se aloja en el armazón de aluminio (4) el cual, a su vez, va colocado dentro del receptáculo (3) que constituye el armazón general del alternador.

El rotor (1) tiene la forma clásica de los alternadores Lundell; tiene 8 polos, 4 positivos y 4 negativos, alter-

1 Este alternador se construye en la Argen- por la firma A. Amato, con Licencia Lucas, bajo la denominación de Alternador Indiel.

nadamente dispuestos, formados por la bobina inductora, colocada en su interior, recorrida por la corriente continua de la batería. La bobina inductora recibe la corriente de la batería a través de los dos anillos visibles a la izquierda del rotor, sobre los cuales frotan dos escobillas conectadas a los dos polos de la batería: así se establece un circuito permanente de la bobina inductora del rotor con la batería. El eje del rotor está apoyado sobre dos cojinetes alojados en los armazones (3) y (4).

ALTERNADORES "MAGNETI MARELLI"

Alternador de coches de serie. Este alternador, construido en Italia, en los tipos CGA 101 A, o CGA 101 B, está destinado a los coches normales de serie. Es del tipo trifásico, poseyendo el dispositivo de redrezamiento de la corriente por medio de diodos de silicio, tres positivos y tres negativos conectados en puente trifásico a doble semionda. El conjunto de este alternador se representa en la figura 92.

El estator está formado por un conjunto de láminas de hierro dulce, con 24 ranuras en las cuales hay colocadas las bobinas estatóricas formando un sistema trifásico, a 8 polos, conectado en triángulo.

El rotor es del tipo Lundell, a 8 polos, en el cual hay la bobina excitadora del campo magnético, alimentada con corriente continua a través

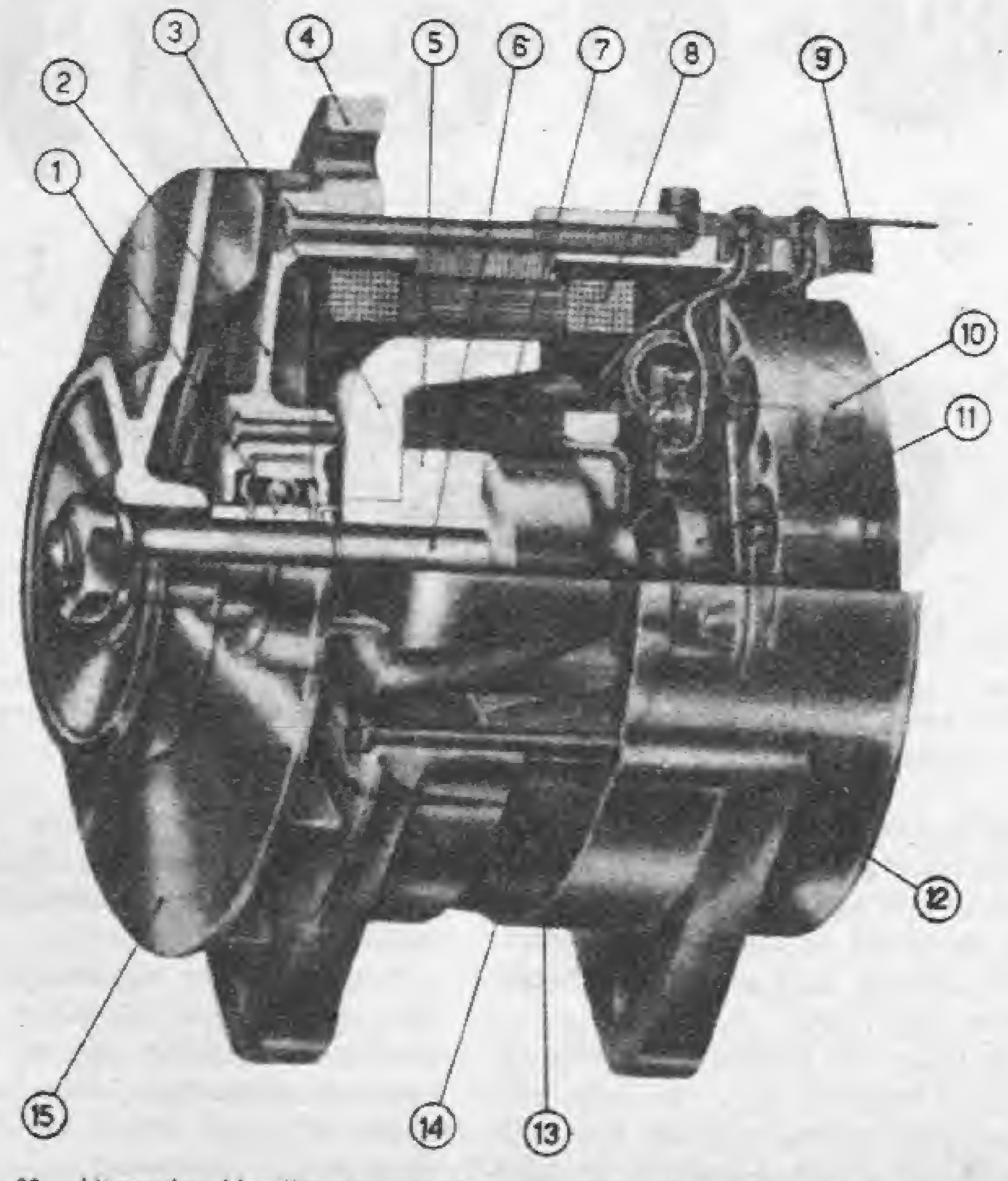


Fig. 92. Alternador Marelli: 1) cojinete a bolillas: 2) soporte del lado de mando: 3) y 5) rotor; 4) oreja de fijación; 6) eje del rotor; 7) bobina de excitación; 8) bobinado del estator; 9) soporte de los bornes de las escobillas; 10) diodos; 11) anillo colector; 12) soporte del lado diodos; 13) núcleo del estator; 14) tirante; 15) polea

de dos escobillas y dos anillos, procedente de la batería del coche.

La regulación de la tensión generada por el alternador se realiza por medio de la variación de la intensidad del circuito del rotor, cuya misión cumple el regulador de tensión, del tipo a transistores. Las curvas de las características de los dos tipos de alternadores que estamos considerando se indican en la figura 93, pudiendo observar que hay un gran sector de utilización ampliamente satisfactoria entre el número de revoluciones del rotor y los amperios producidos por el alternador.

sólo la ignición de las bujías y el funcionamiento de la bomba de combustible. Además, solamente marchan durante el tiempo que dura la carrera, y esto lo hacen a gran velocidad y con pocas paradas, es decir, un mínimo de uso del motorcito de arranque (reabastecimiento, algún arreglo, etc.). Por estos motivos el alternador se calcula para producir una cantidad de energía eléctrica algo superior a la que necesita el funcionamiento del coche normalmente y, el resto, lo almacena la batería para suplir los casos excepcionales de puesta en marcha nuevamente del vehículo, así co-

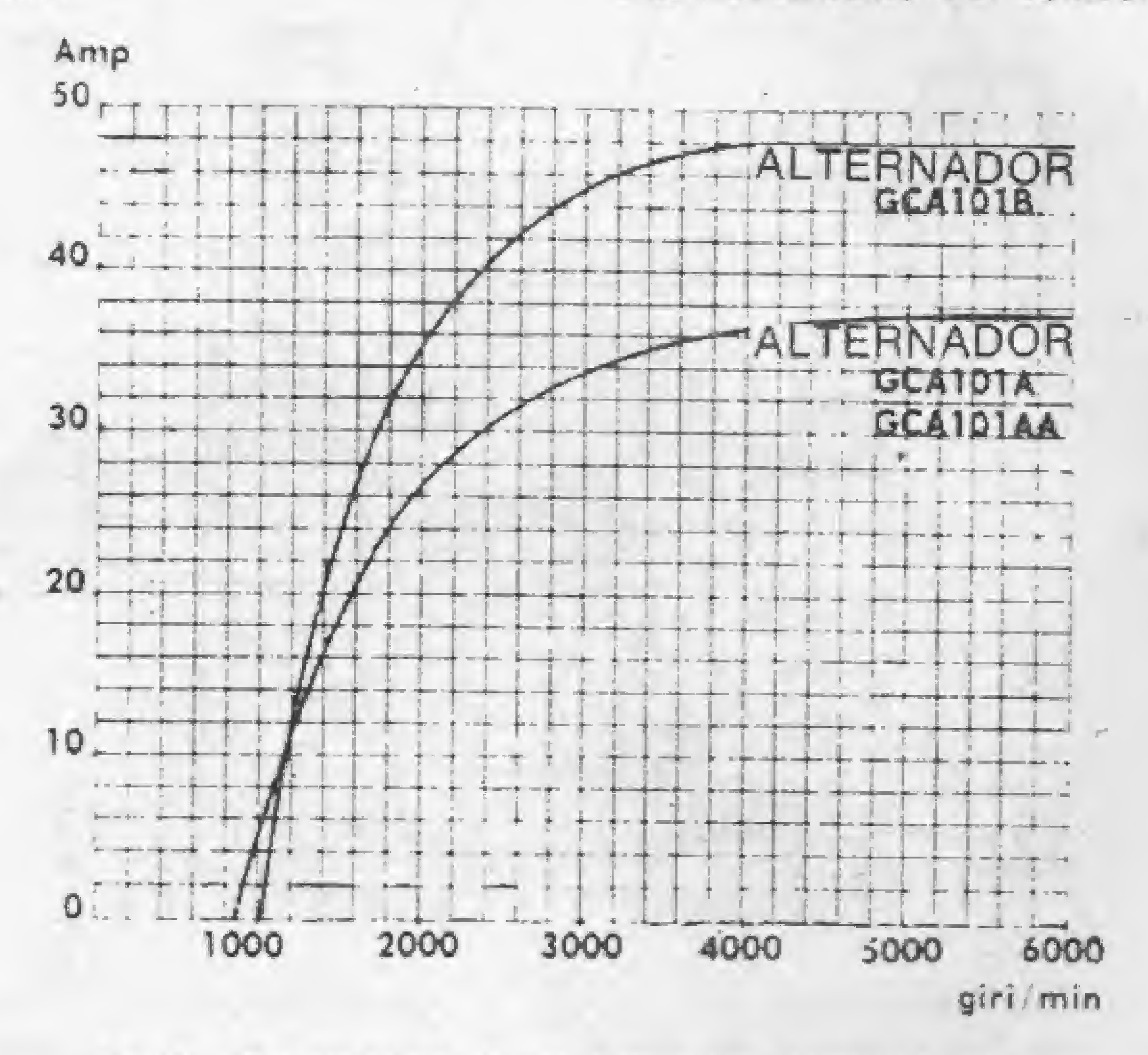


Fig. 93. Características de los alternadores Marelli de serie.

Alternador para coches de carreras. Esta clase de generador ha sido estudiado especialmente para las competiciones. Ofrece numerosas ventajas con respecto de los alternadores descritos anteriormente para los coches de serie: tiene menos peso, su construcción es más simplificada, sus dimensiones más reducidas y tiene una seguridad de funcionamiento casi absoluta.

En efecto, esta clase de automóviles tienen como consumo eléctrico

mo cuando marcha a poca velocidad, en los momentos anteriores a iniciarse la carrera.

Como consecuencia de cuanto se ha manifestado, y, además, teniendo en cuenta que esta clase de coches se ponen a punto cada vez que va a iniciarse una nueva carrera, la construcción del alternador se ha simplificado en los siguientes puntos: a) se ha suprimido la bobina que crea el campo magnético de los polos salientes, sustituyéndose por un potente

imán colocado en su lugar; b) se han suprimido los anillos receptores de corriente para magnetizar la bobina antes mencionada; c) no son necesarias las escobillas ni los dispositivos de regulación del alternador; d) el rotor se ha reducido a un órgano puramente mecánico, compuesto por el eje, el imán y las dos piezas que contienen los polos salientes, es decir, un conjunto compacto y de mínimo peso, eliminándose prácticamente

El estator está formado por un conjunto de láminas de hierro (1) en el que se han practicado 18 ranuras en las cuales se coloca el devanado inducido (2), trifásico a 6 polos, conectado en estrella. La extremidad de las fases es conducida dentro de un tubo aislante (3), que va a una caja (4), con enchufes terminales destinados a conectar el puente redrezador trifásico a doble semionda; gracias a esta disposición se puede colocar en

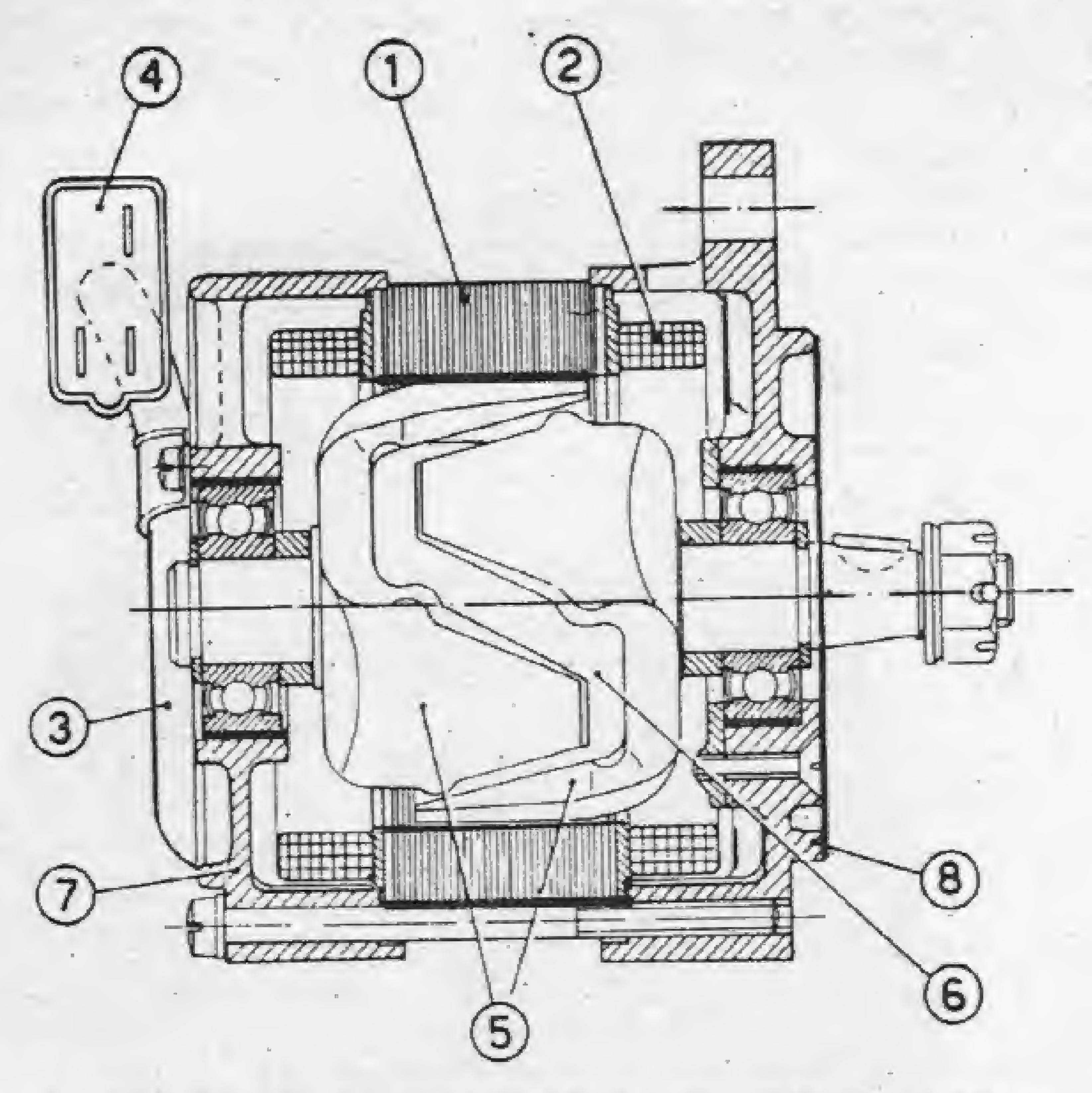


Fig. 94. Vista en corte del alternador Marelli para coches de competición: 1) núcleo laminado del estator; 2) bobinado estatórico trifásico a 6 polos interconectados en estrella; 3) conducto para las tres fases; 4) caja de conexiones de las 3 fases; 5) polos alternadamente dispuestos del rotor; 6) imán permanente que forma los polos del rotor; 7) y 8) soportes de los cojinetes.

toda posibilidad de avería, mecánica o eléctrica. La figura 94 representa una vista, en corte, de este alternador.

Estando el rotor construido de una sola pieza, dinámicamente equilibrada, y sin poseer ninguna conexión eléctrica, puede adquirir velocidades fantásticas, de centenares de revoluciones por segundo, sin que se produzca ninguna trepidación.

un sitio bien ventilado, alejado del motor.

El alternador que hemos comentado, se construye en dos modelos, cuya única diferencia radica en los devanados estatóricos. El tipo DSAE 3935 A produce una potencia menor, mientras que en el tipo DSAE 3935 B es mayor. En la figura 95 se indican las curvas correspondientes a las intensidades

que producen, según el número de rpm del rotor, a la tensión constante de 13 V. Según sea la intensidad a que debe cargarse la batería se utiliza uno o el otro de estos dos tipos de alternador.

ALTERNADORES "DELCO-REMY"

Delcotrón

Características generales. Con esta denominación general la Delco-Remy construye toda una familia de alternadores apropiados para los diversos tipos de autovehículos que utilizan las distintas marcas que constituyen la General Motors.

La Delco-Remy clasifica sus alternadores en dos categorías: a) por la potencia eléctrica que pueden producir; b) por el tiempo que duran sin tener que intervenirse su revisión y cuidado en general.

La condición a) los clasifica en la *serie:* 1D, 2D, 3D, 4D, que representa la escala de las potencias. El segundo factor, b), relacionado con los materiales empleados y construcción, los denomina por el *tipo* que en orden creciente de duración de funcionamiento, sin revisarlos, es: 100, 150, 250.

La elección de un Delcotrón depende, pues, de muchas circunstancias: clase de vehículo, condiciones de trabajo (horas de servicio, ciudad o campo, automóvil o camión, etc.), lo cual define la serie y tipo más apropiados.

Todos los Delcotrón producen una tensión de 12 V. La conexión a masa puede ser, el positivo, o el negativo. El sentido de rotación del rotor puede ser, a la derecha, o a la izquierda, lo cual hay que tener muy en cuenta: la polaridad a masa por la conexión de los diodos y el sentido de rotación, que viene impuesto por la colocación de la polea del ventilador del coche.

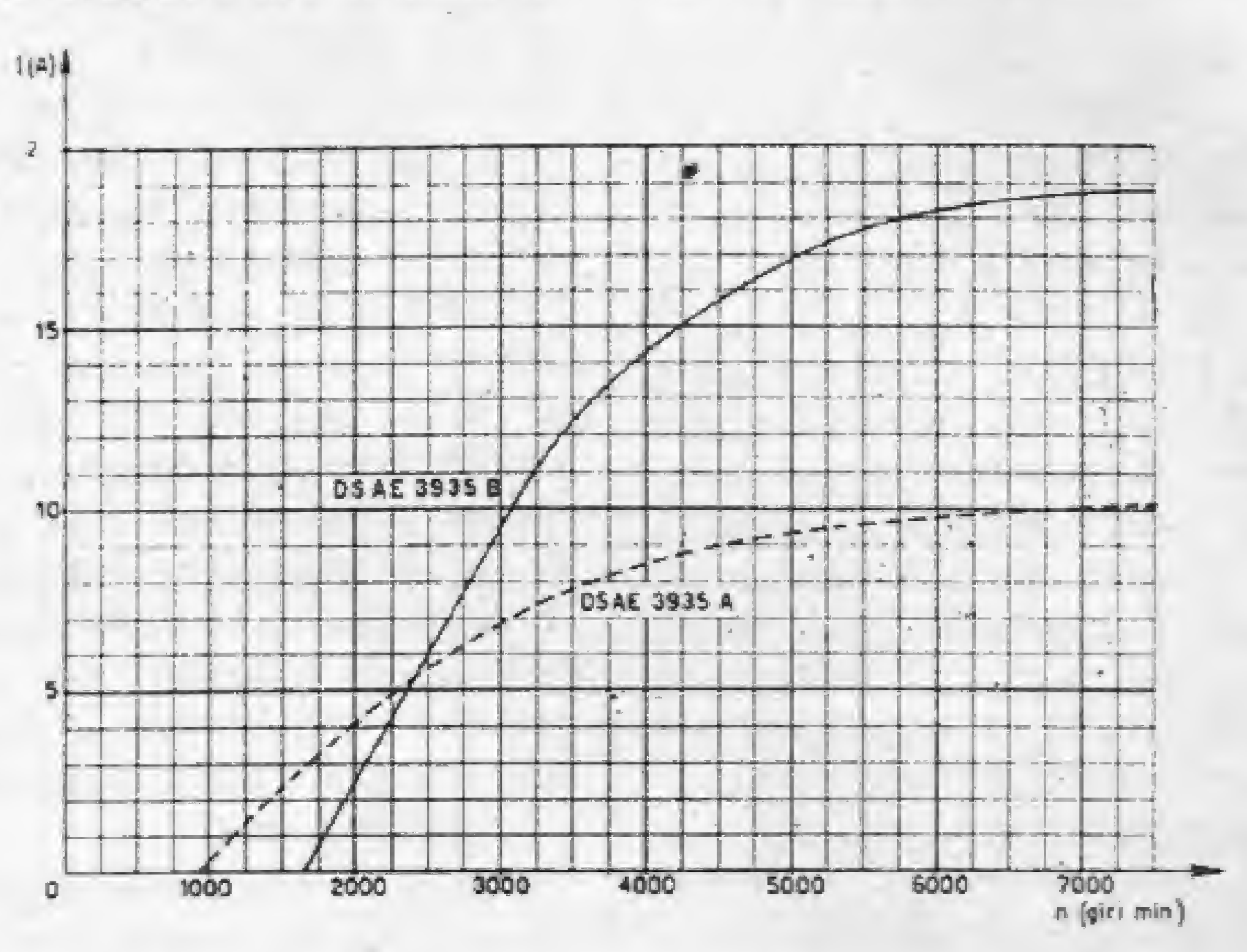


Fig. 95. Curvas de las características del funcionamiento de los alternadores Marelli para coches de competición.

La Delco-Remy emplea tres tipos de reguladores, que estudiaremos en el próximo capítulo.

1) El *regulador vibratorio,* a doble contacto, con funcionamiento mecánico y eléctrico.

2) El *regulador transistorizado,* a contacto vibrante, no interrumpe la corriente del inductor sino la débil corriente de la base de un transistor, el cual se encarga por medio de un efecto puramente electrónico de interrumpir la corriente del inductor sin

intervenir ningún órgano mecánico, que produce chispas y deteriora los contactos de los platinos. Este regulador actúa sobre la tensión solamente, puesto que la intensidad, en los alternadores, se autorregula por sí misma.

3) El *regulador a transistores* produce una regulación puramente electrónica, sin intervenir ninguna pieza mecánica en movimiento. La regulación es independiente de la temperatura y no es afectada por las vibraciones, no requiere ningún cuidado y permite ser ajustada su regulación.

El alternador "Delcotrón". Vamos a describir un alternador "Delcotrón" como prototipo, para estudiar su estructura general. Se representa en la figura 96 correspondiente a un coche de serie. Su forma es compacta, el rotor está equilibrado dinámicamente obteniéndose así una rotación suave y silenciosa; el soporte de las escobillas está perfectamente aislado y los diodos pueden ser sustituidos separadamente. El regulador utilizado es a contacto vibrante.

Observando la figura vemos las dos series de polos (7) de polaridades alternadamente dispuestas que giran, casi rozando, el estator (8). El rotor está montado sobre el eje del alternador sostenido por cojinetes a esferas (1), y del lado izquierdo por un cojinete, protegido de la tierra por una envoltura hermética con engrase permanente. Los dos anillos (6), conectan la bobina excitatriz del campo magnético del rotor con la batería por medio de las escobillas (15).

La figura de la derecha representa una vista de frente observándose la colocación de los diodos positivos (4), sostenidos por el soporte (3). El conjunto del alternador es pequeño, sumamente compacto y de fácil colocación. La ventilación forzada para el enfriamiento de los diodos rectificadores se obtiene mediante el ventilador (9), estando el conjunto del rotor accionado mediante la polea (10) que recibe la fuerza del eje motriz por medio de una correa.

LOS ULTIMOS MODELOS DE ALTERNADORES

Nuevas orientaciones

La enorme importancia que tiene el alternador en los autovehículos los ha hecho objeto de un estudio profundo por los ingenieros especializados con el propósito de hacerlos más económicos, simplificar su construcción y reducir en lo posible su regulación y necesidad de tener que cuidarlos.

Acaban de producirse dos nuevas directrices en la técnica constructiva de los alternadores, que son: a) el *alternador integral*, última versión del Delcotrón; b) el *alternador monofásico*. El primero ha sido construido para los coches de gran categoría y los segundos, destinados a los coches pequeños y de mediana potencia, con el fin de que sean no sólo del mismo precio que las dínamos, sino hasta quizás muy pronto más baratos, con el fin de desplazar definitivamente la dínamo de los automóviles, abaratándolos, por eliminar los mecanismos reguladores, cuidado y regulación de los mismos, mayor seguridad de funcionamiento, etc.

Los alternadores integrales se han presentado por la Delco-Remy en América y por la firma Joseph Lucas en Europa. Ambos sistemas tienen características comunes. En cuanto a los alternadores monofásicos, los ha estudiado y construido la firma francesa Ducellier, y los describimos a continuación de los alternadores integrales.

Alternador integral Delco-Remy. Este alternador, denominado por sus fabricantes "Delcotrón Integral Charging System", representado en la figura 97, está montado en los modelos de los coches Pontiac Grand Prix 1968.

Este nuevo generador elimina el regulador externo, estando la tensión controlada por un pequeño regulador montado en el interior del alternador.

Las ventajas que ofrece este sistema son las siguientes:

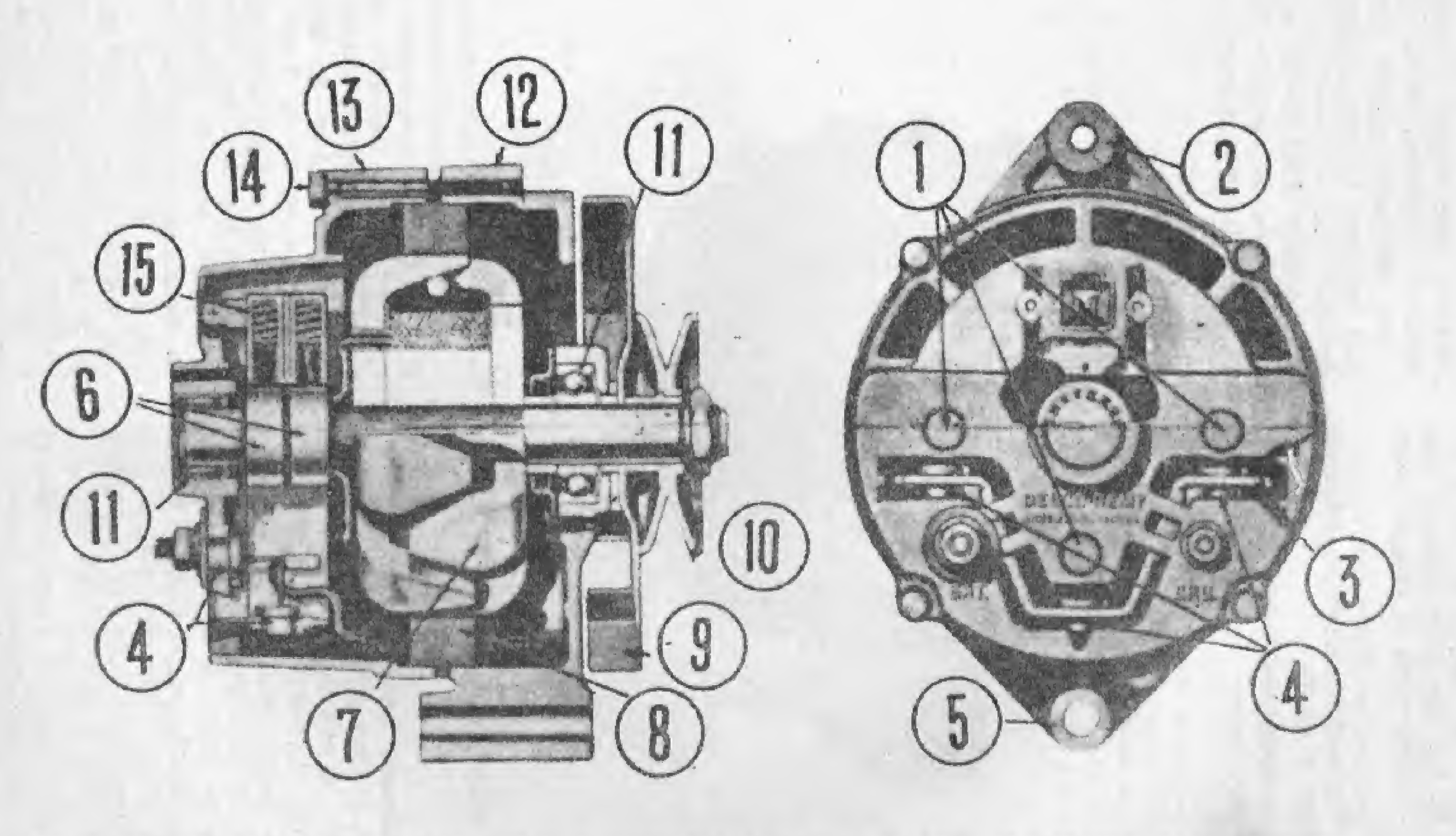


Fig. 96. Alternador Delco-Remy; 1) diodos negativos; 2) soporte 3)ciona el rotor; 11) cojinete; 12 y 13) tapa; 15) portaescobillas.
7) rotor; 8) núcleo del estator; 9) ventilador; 10) polea que ac y 4) diodos positivos; 5) oreja de fijación; 6) anillos colectores;

1) No hay ninguna conexión externa entre el regulador y el alternador.

2) No hay que hacer ninguna regulación durante toda la vida del alternador.

3) No requiere ninguna revisación periódica ni ajuste.

4) Completa resistencia al desgaste y las vibraciones.

escobillas trabajan axialmente, frotando sobre dos anillos colectores concéntricos (slip rings). El aspecto exterior se representa en la figura 98.

Este alternador ha sido construido para satisfacer las más exigentes condiciones. Funciona entre las temperaturas comprendidas de 40° bajo cero a 90°, o sea, en cualquier parte del mundo, en las más severas condicio-

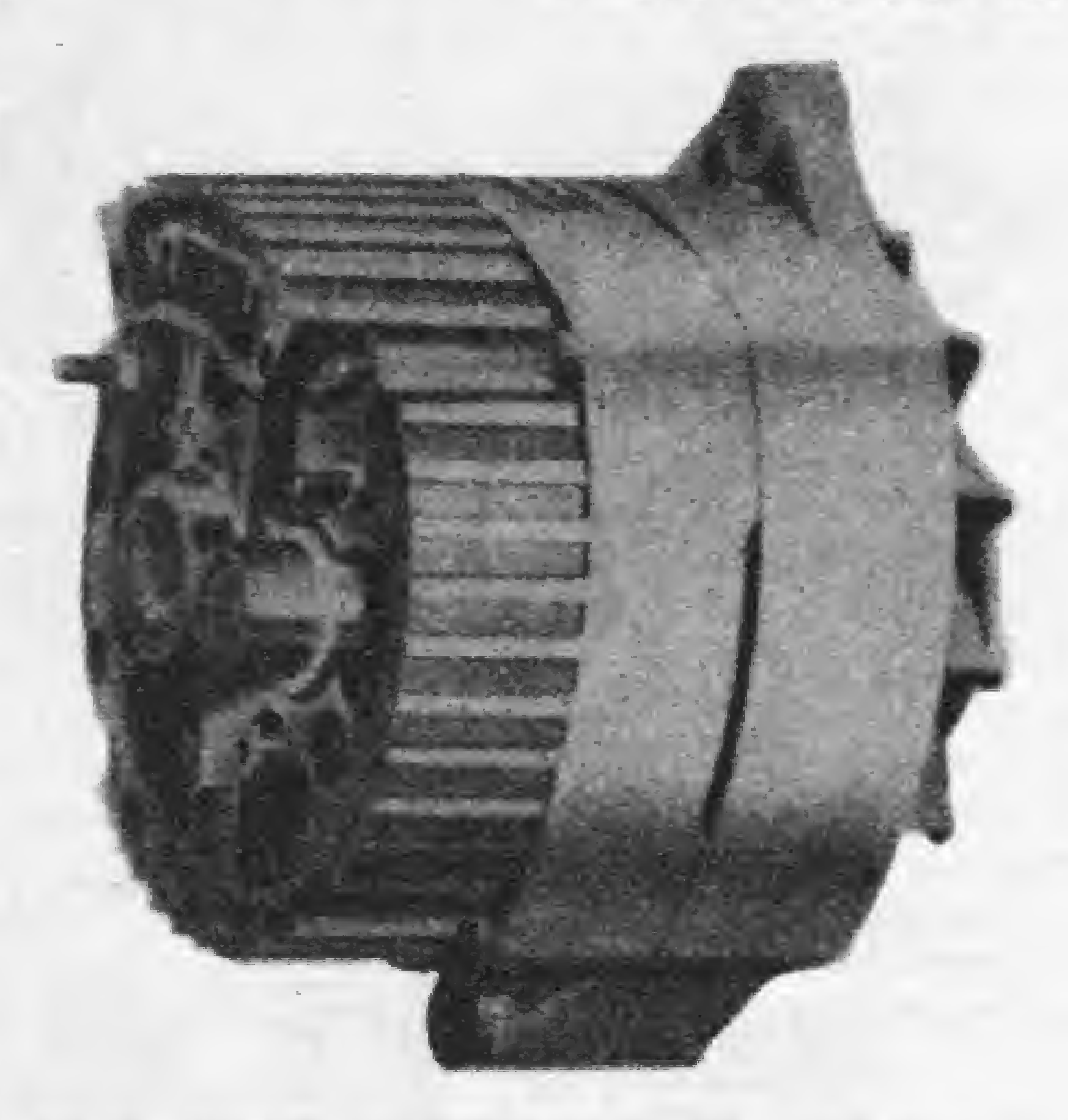


Fig. 97. Aspecto del alternador integral. Delco-Remy. último modelo

5) Simplicidad máxima de instalación.

Alternador Lucas 15 ACR. Esta reciente producción es el más pequeño de los alternadores construidos por la Lucas, de Inglaterra. Está destinado a los coches pequeños con una batería de 38 Ah como mínimo a la descarga de 20 Ah. El diámetro máximo de la máquina es de 12 cm y su longitud, 13 cm. Pesa algo más de 3 kg (exactamente: 3,200 kg) y produce 400 W, 28 A a 14 V, a 6 000 rpm.

El rotor tiene 12 polos, bobina de excitación axial, circuito Lundell. El estator consta de un núcleo laminado, con 36 ranuras, en las cuales se colocan las tres fases del bobinado estatórico conectado en estrella. Las

nes de humedad, polvo, corrosión, vibraciones, etc., excepto sumergido en el agua. Pero, lo más original de este alternador es su regulador, que consiste en una diminuta unidad de un cuadradito de 2,5 cm de lado y un espesor de menos de 2 mm: dentro de este casi microscópico regulador, comparado con los que actualmente se utilizan, hay una verdadera obra de ingeniería en miniatura como vamos a ver seguidamente.

El regulador del 15 ACR se compone de las siguientes partes, realizadas en forma de un circuito impreso sobre lo que los fabricantes denominan una película espesa y un microcircuito estampado de minúsculas dimensiones:

1) Resistencias y conductores hechos con hilos de una aleación de

plata-paladio, con un subestrato de alúmina.

2) Dos condensadores.

3) Tres transistores.

4) Un diodo Zener, de referencia.

5) Un diodo para descargar las sobretensiones.

Este regulador se coloca dentro de un disipador térmico, de aluminio, sellado con una pasta de goma de silicón. El peso total es de 37 gramos y sus dimensiones exteriores, máximas, son de 2 × 5 × 9 cm.

b) Se puede emplear una lámpara de 2,2 W, en paralelo con una resistencia de 27 Ω, como lámpara vigía de la carga.

Una vista general de este alternador se representa en la figura 99.

ALTERNADOR MONOFASICO "DUCELLIER"

Las fábricas Ducellier son las que proveen a la industria automotriz francesa los equipos eléctricos, siendo de primerísima importancia los diversos tipos de alternadores que está produciendo. Entre las fábricas de automóviles que provee están la Peugeot, Simca, etcétera. Lo que caracteriza las creaciones de Ducellier son su originalidad, ingenio y aplicación práctica, mereciendo destacar su sistema de ignición a destellos luminosos que hemos descrito en el Sistema de Ignición Ducellier, a "Descarga de Capacitor".

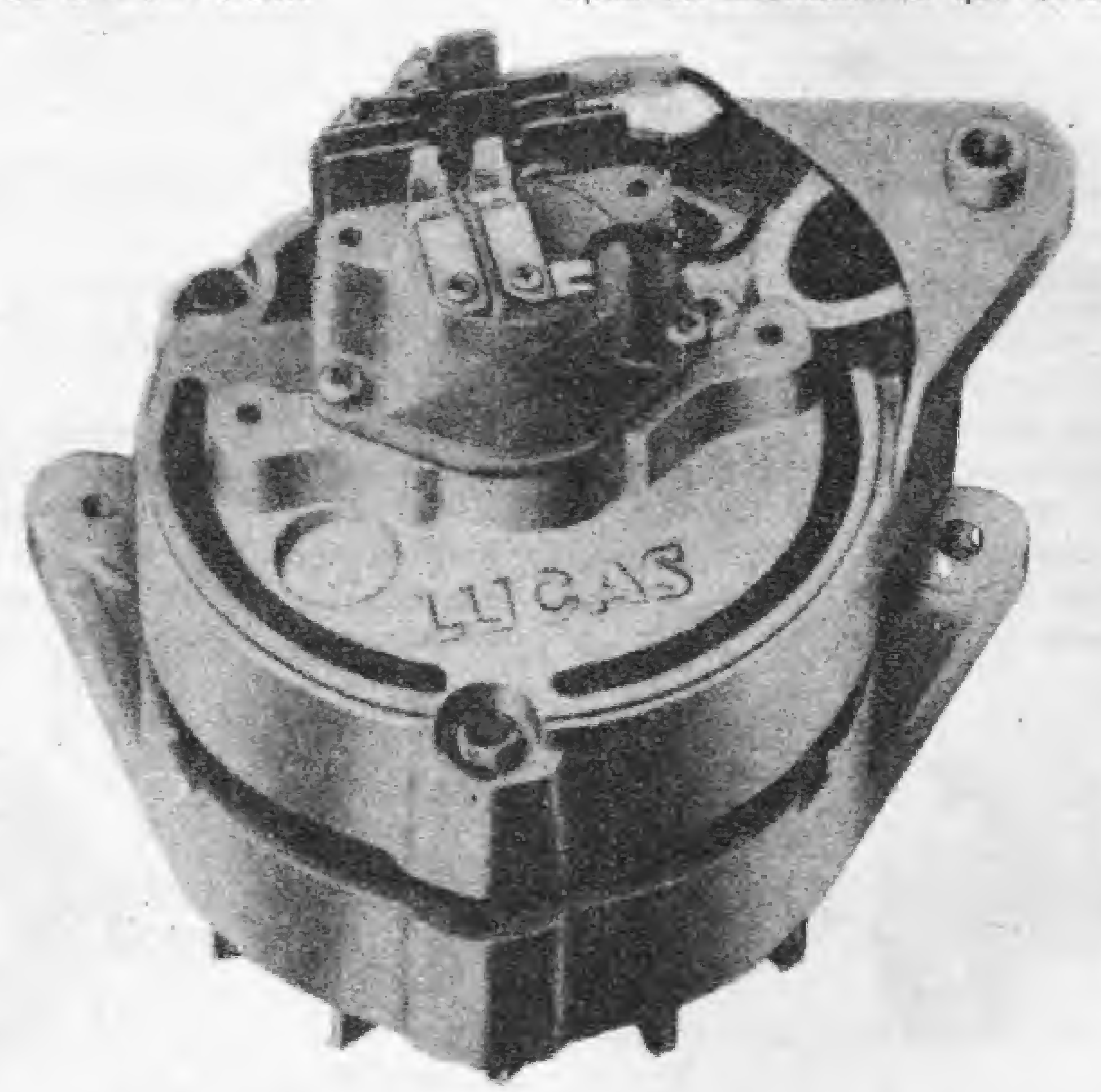


Fig. 98. El alternador Lucas 15 ACR que reúne una técnica nueva. Su regulador pesa 37 gramos y tiene el tamaño de un sello de correos.

El alternador 15 ACR tiene 9 diodos, 6 para la rectificación de la corriente generada, trifásica, y otros 3 diodos para la corriente de excitación del rotor; estos 3 diodos tienen las siguientes ventajas:

a) Hacer innecesario el relé o interruptor del rotor para evitar que la corriente de la batería se aplique al rotor cuando el coche se detiene.

Recientemente ha producido una serie de alternadores monofásicos, de construcción sencilla, eficientes y cuyo precio es competitivo con el de las dínamos de potencia equivalente. En realidad, es una idea revolucionaria en la técnica constructiva puesto que, eliminando ciertos órganos de regulación que encarecen los alternadores empleados en los automóviles, trata nada menos que desplazar completamente la dínamo.

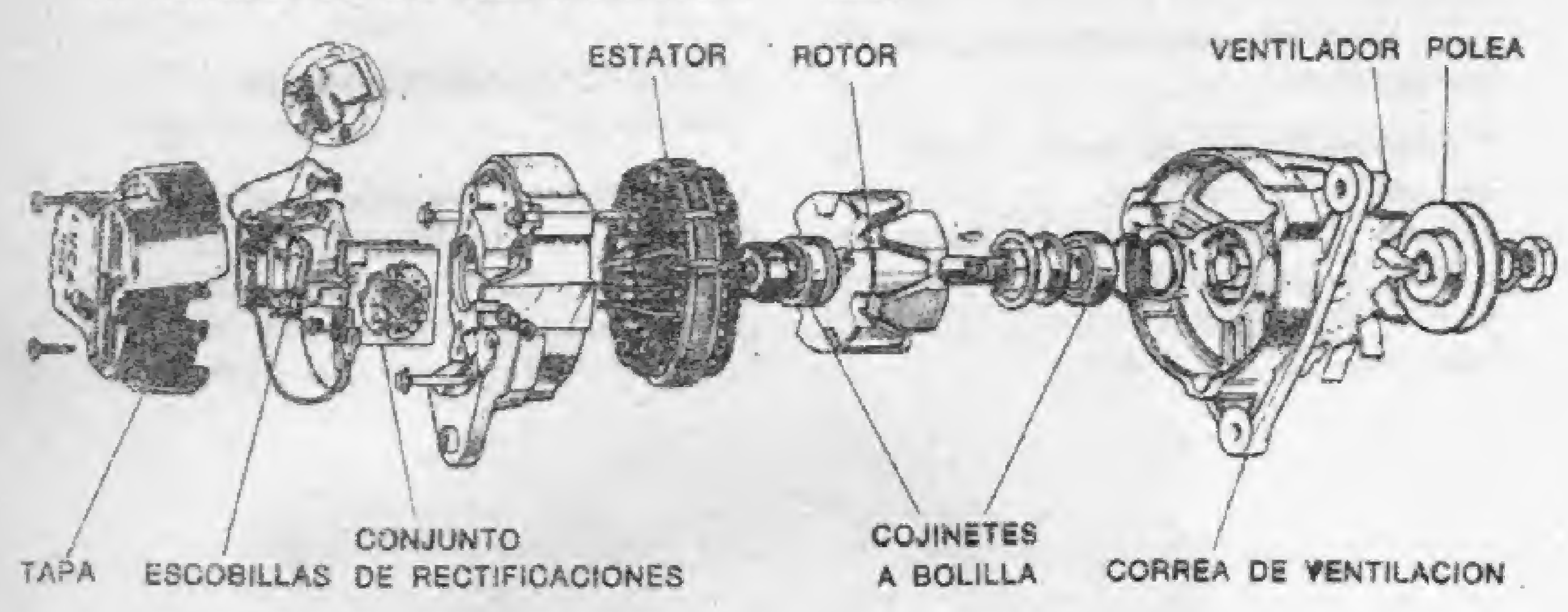


Fig. 99. Despiece del alternador Lucas 15 ACR. Se destacan al rotor, el estator y entre ellos los anillos colectores, los dos soportes del alternador y, en forma circular a la izquierda (arriba) el minúsculo regulador colocado en su caja de protección y refrigeración.

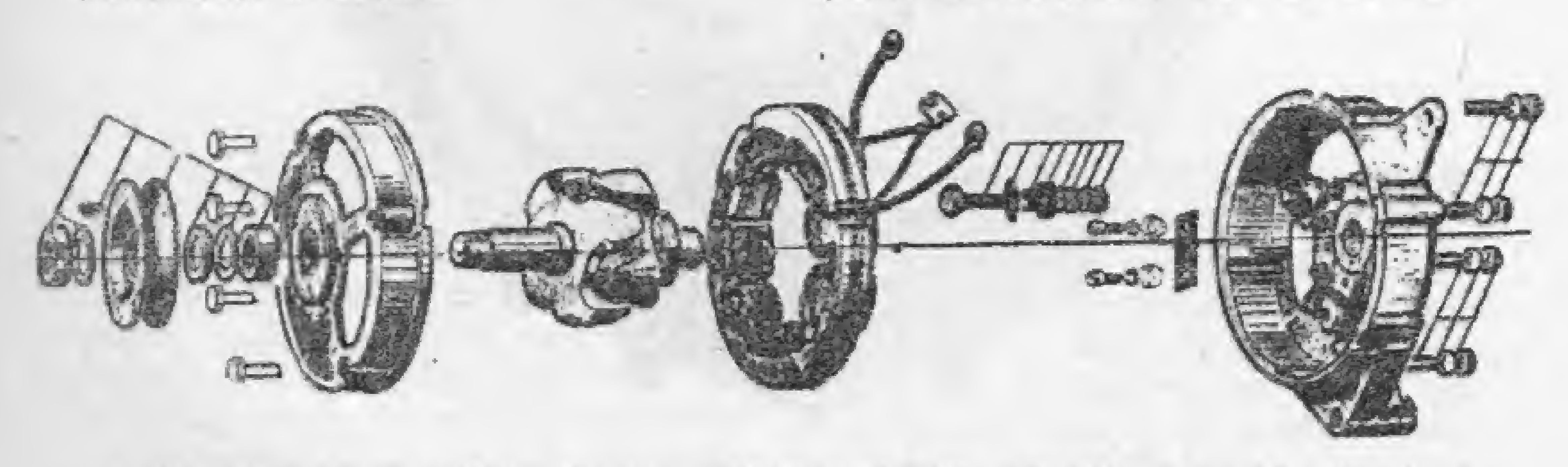


Fig. 100. Alternador monofásico Ducellier. Despiece de este alternador que está llamado a sustituir la dinamo por sus excepcionales cualidades, sencillez y rendimiento. Pesa menos de 2,5 kg y desde 1968 la Citroën lo está equipando en varios de sus modelos de coches.

La Ducellier está lanzando constantemente nuevos modelos de alternadores monofásicos, adaptados a los diversos tipos de coches, de distintas marcas, concretándose a dos modelos.

El alternador monofásico 7522. Se trata de un alternador pequeño (cabe en la palma de la mano) representándose en la figura 100 el despiece de sus elementos. Su diámetro exterior es de 10 cm y pesa menos de 2,5 kg. La Citroën lo ha adoptado en sus coches desde 1967 en los modelos 3CV siguientes: AK; Ami 6 (Breack y Berlina).

El estator está formado por un paquete de láminas muy delgadas con 8 ranuras en las cuales se alojan 8 bobinas devanadas con hilo doble, conectadas en serie. Del punto medio (punto de conexión) sale un conductor que va a conectarse a la escobilla positiva del alternador; los dos extremos del devanado doble se conectan a masa, a través de dos fusibles y dos diodos realizando así la rectificación en contrafase. Observamos que sólo se emplean dos diodos en vez de seis que se utilizan en los alternadores trifásicos que hemos estudiado, lo

cual equivale ya a una notable economía.

El soporte portadiodos está constituido por:

2 diodos negativos, fijados en forma permanente.

1 portaescobillas especial, para alojar las escobillas perpendicularmente.

2 escobillas, una de las cuales está conectada a masa.

1 cojinete a bolillas (rulemán) fijo al soporte.

2 fusibles para protección, caso de que un diodo haga cortocircuito o se conecte equivocadamente la batería invirtiendo su polaridad.

El regulador, tipo J 8347, es sumamente sencillo con el fin de abaratar el precio del equipo alternador y regulador. Se compone de una sola unidad, del tipo vibratorio, suprimiendo así la regulación electrónica. El conjunto alternador y regulador está representado en la figura 101 donde vemos claramente la disposición constructiva del alternador: el devanado dividido del estator, la posición de las dos escobillas y la conexión de los dos diodos. Las interconexiones entre la batería, el motorcito de arranque y la bobina de ignición se indican en la parte inferior de la figura, mereciendo especial mención las tres resistencias colocadas dentro del regulador: la resistencia superior sirve para estabilizar térmicamente el devanado del regulador; la siguiente regula la excitación cuando se abren los contactos del regulador y la tercera resistencia (inferior) tiene por misión absorber la extracorriente de ruptura.

Este regulador, no obstante su sencillez, es un aparato de alta precisión, realizando todos los controles con una exactitud matemática debido a que los ajustes se obtienen mediante tornillos micrométricos. Las piezas tienen una gran robustez mecánica, el bobinado permite el paso de fuertes intensidades y tanto los contactos como los platinos del interruptor vibratorio tienen una gran superficie de contacto lo que asegura una duración indefinida debido a la reducida densidad de corriente que funciona.

Alternadores monofásicos 7526-7528. Estos nuevos modelos han sido estudiados para adaptarse a los automóviles Simca, modelos 1100 y 1200 S. Aunque en líneas generales son similares al ya descrito, posee ciertos detalles de perfeccionamiento que merecen destacarse.

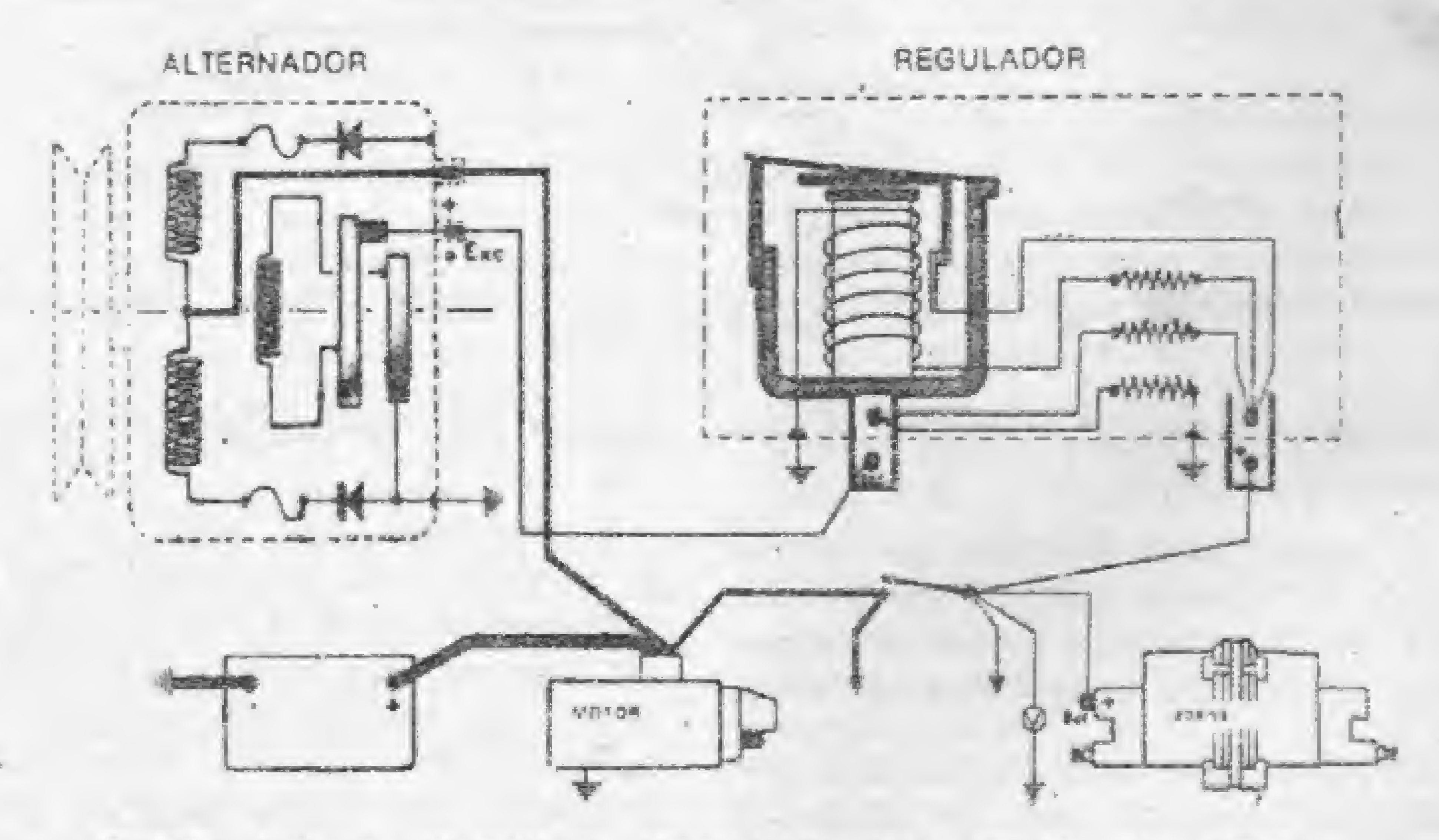


Fig. 101. Esquema del conjunto Alternador-Regulaldor Citroën, tipo J 8347.

El portadiodos es desmontable, con aletas para su refrigeración, lo que

proporciona un mejor funcionamiento de los redrezadores. Contiene, además, un diodo de protección que protege eficazmente los devanados del estator en el caso que se produjese un cortocircuito accidental de uno o los dos diodos rectificadores. Este diodo de protección sirve, además, para el funcionamiento de una lamparita que indica la carga de la batería.

El portaescobillas es fácilmente desmontable, por medio de dos tornillos, lo cual permite cambiar en breves instantes las escobillas y, además, inspeccionar el rotor.

El estator está formado por un paquete de láminas con 12 ranuras. Sobre los 12 polos que forman se disponen 12 bobinas conectadas en serie.

El rotor está formado por dos piezas enfrentadas, características del sistema Lundell, que forman 6 pares de polos en cuyo interior está colocada la bobina inductora alimentada, con la corriente de la batería, por medio de dos anillos sobre los cuales frotan las escobillas de conexión.

Los soportes, anterior y posterior, están construidos con aleación de aluminio conteniendo dos cojinetes a esferas. El soporte anterior tiene un cojinete grande para resistir los esfuerzos de la polea y las vibraciones.

El conjunto de los alternadores 7526 y 7528 con su regulador y las conexiones con la batería, el motorcito de arranque (demarreur) y la bobina de ignición se representan en la figura 102.

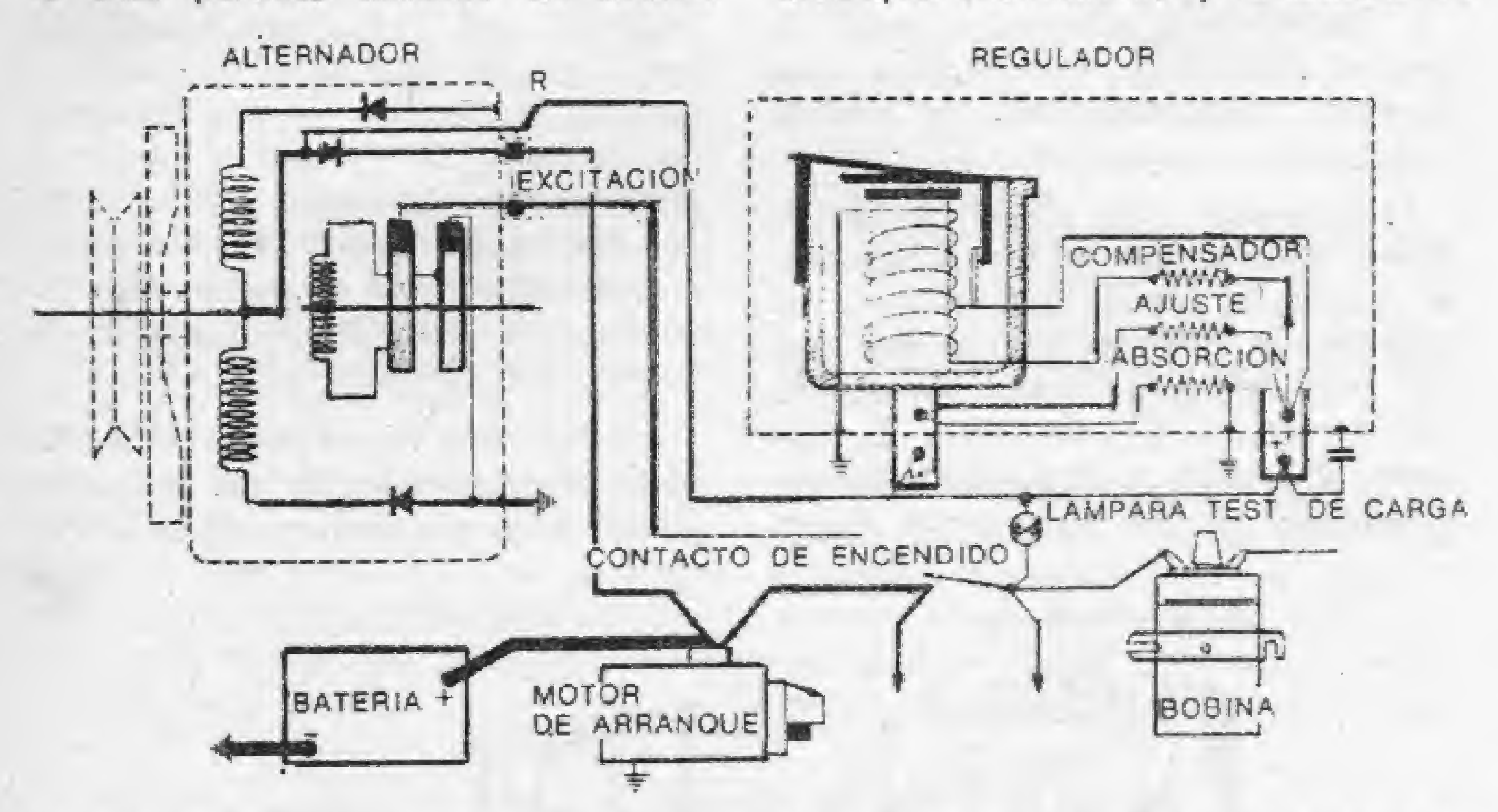


Fig. 102. Esquema e interconexiones del alternador y regulador Citroën, últimos modelos Nos 7526 y 7528

El regulador, tipo 8358, es similar al anteriormente ya descrito. Con una corriente de 15 A la tensión debe estar comprendida entre 14,6 y 15,1 V entre los bornes del regulador. La compensación permite conservar la precisión del ajuste original aunque se produzcan variaciones de temperatura.

Capítulo III

REGULADORES PARA ALTERNADORES

Principios fundamentales

Los generadores de electricidad empleados en los autovehículos necesitan un sistema de regulación para que la tensión que producen se mantenga entre determinados límites al variar el número de revoluciones del rotor en los alternadores y del inducido en las dínamos.

Ahora bien, como que el rotor es accionado por el eje motor del automóvil, varía constantemente pues depende de la velolcidad del coche. Es evidente, por lo tanto, la necesidad de interponer un regulador entre el generador y la batería para asegurar que en todas las velocidades posibles se cargue la batería debidamente y, además, evitar que ésta se descargue al generador cuando la tensión producida sea inferior a la de la batería, o el coche esté detenido.

El alternador no necesita regulador de intensidad debido a que limita automáticamente su valor. Esta autorregulación de la corriente se explica con las dos consideraciones siguientes:

a) La frecuencia de la corriente que produce un alternador depende del número de revoluciones del rotor. Por consiguiente, al acelerar la velocidad del coche, aumenta la frecuencia de la corriente producida por el alternador.

b) Por otra parte, la reactancia, o sea, la resistencia a la corriente alterna, depende directamente de la frecuencia; por consiguiente, a medida que aumenta el número de revoluciones del rotor, si bien es verdad que aumenta la intensidad que genera el alternador, al aumentar la reactancia con la frecuencia, se obtiene un efecto compensatorio, o de autorregulación. Por este motivo los alternadores no necesitan regulador de intensidad, mientras que las dínamos sí que lo necesitan, debido a que la corriente continua no presenta el efecto de reactancia.

Otra importante simplificación tiene la regulación de los alternadores con respecto de las dínamos y es que los diodos que rectifican la corriente alterna, por conducir en un solo sentido, hacen innecesario el disyuntor que desconecte la batería del generador cuando éste produzca una tensión inferior a la de la batería, lo cual sucede con la dínamo.

Los alternadores de los automóviles necesitan un interruptor adicional cuya misión es abrir el circuito batería rotor cuando se para el motor del coche. Cuando esto sucede la batería se descargaría en la bobina del rotor por estar en circuito cerrado.

Actualmente hay tres clases de reguladores para los alternadores de los coches: 1) regulador vibratorio electromagnético; 2) regulador vibratorio transistorizado; 3) regulador a transistores. Vamos a describirlos a continuación.

REGULADORES VIBRATORIOS ELECTROMAGNETICOS

Generalidades

El funcionamiento de estos reguladores se basa en los antiguos dispositivos vibratorios, pero, adaptado a los alternadores, pues la experiencia ha demostrado que tanto las puntas de contacto como los platinos duran mucho menos en los alternadores que en las dínamos. La solución la dio el interruptor Ducellier, a tres contactos, adoptado primero a sus dínamos, desde hace más de 40 años.

Regulador del Cadillac

El conjunto de la instalación que vamos a considerar se representa en la figura 103. Comprende: el alternador, el conjunto de dispositivos que constituyen el regulador, la batería y las interconexiones.

El regulador de voltaje limita la tensión de salida del alternador. Sus partes principales son: un regulador de voltaje de doble contacto, y un relé de campo. Este último conecta el bobinado de campo del alternador y el devanado del regulador de tensión a la batería.

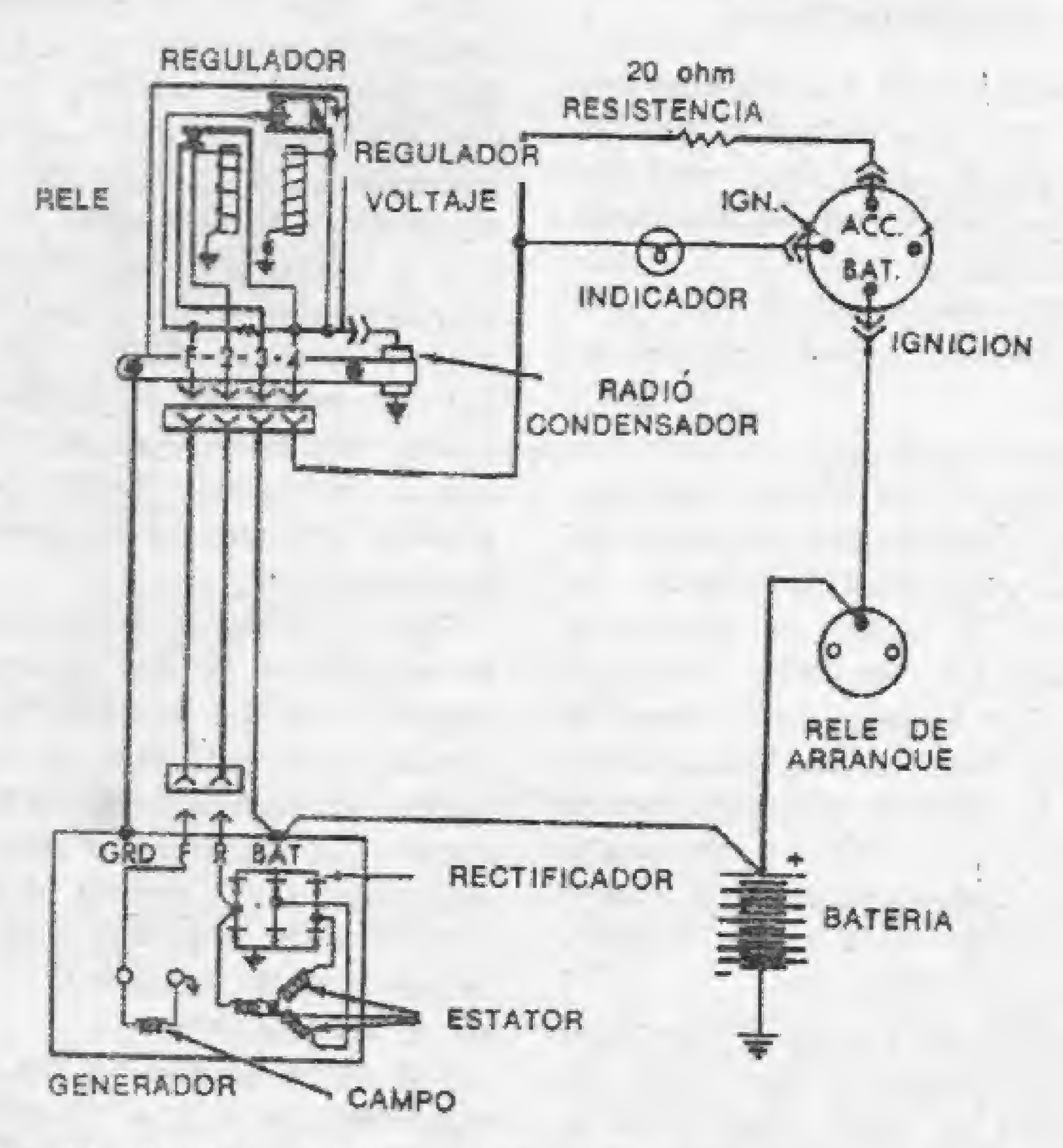


Fig. 103. Regulador Cadillac. Tiene dos partes: el regulador de tensión y el relé. En la parte inferior hay el conjunto del generador, con el estator en estrella y los 6 diodos rectificadores y el rotor con su bobina de campo. El indicador es una lámpara, y el solenoide de arranque y el capacitor para evitar las perturbaciones al radio receptor complementan la instalación.

Los reguladores a vibrador funcionan en la forma siguiente: con las rápidas aperturas y cierres de los contactos colocados en el extremo de una lámina vibratoria se pone y saca del circuito de la bobina de campo del rotor una resistencia de valor fijo.

Veamos cómo funciona el conjunto de esta instalación.

Cuando con la llave se pone en marcha el motor, la lámpara se enciende, lo cual indica que el generador no está cargando la batería. Entonces la corriente pasa desde el borne po-

sitivo de la batería a través del interruptor de puesta en marcha así como de la lámpara testigo y el hilo de resistencia, que están en paralelo, terminando en el borne número 4 del regulador.

Dentro del regulador, la corriente fluye a través de los dos contactos inferiores del regulador de voltaje hasta el terminal "F". Entonces la corriente pasa a través del devanado del rotor, cerrando el circuito a masa. En tales condiciones el devanado de campo recibe suficiente intensidad para asegurar que en el devanado del estator se inducirá un voltaje cuando el motor del coche se ponga en marcha.

Cuando el generador empieza a funcionar, desde el terminal "R" del relé se aplica una tensión al terminal número 2 del regulador, lo cual es la causa de que los contactos del relé de campo se cierren. Como consecuencia, el terminal 4 del regulador conecta directamente la batería a través de los contactos del relé de campo que aplican voltaje al conjunto situado del lado de la lámpara testigo, hasta ella. Si en el sistema formado desde la lámpara hasta la batería existe la misma tensión, por la lámpara no circulará corriente y permanecerá apagada. En estas condiciones, la corriente de campo del generador fluye desde el terminal de salida del alternador al terminal nº 3, así como a través de los contactos del relé de campo y de los contactos inferiores al bobinado del rotor.

Cuando la velocidad aumenta, o sea, al aumentar el número de rpm del rotor, el voltaje presente en los bornes de salida, señalados "BAT" aumenta también. Esto aplica un voltaje más elevado en los contactos del relé de campo así como a través del devanado en derivación del regulador de voltaje. El magnetismo desarrollado en el devanado hace que los contactos inferiores, o serie, del regulador de voltaje se separen. Entonces la corriente de la bobina del rotor fluye a tierra a través de un resistor que reduce su intensidad.

Esta disminución de la intensidad de la bobina del rotor produce una disminución de voltaje del alternador, a consecuencia de lo cual disminuye la atracción magnética del devanado paralelo del regulador de voltaje. La sucesión de acontecimientos que acabamos de mencionar se repite muchas veces a cada segundo dando como resultado global que el voltaje del alternador se mantiene dentro de límites de valores preestablecidos.

Si la velocidad del rotor aumenta aún más su número de rpm, el resistor conectado entre los contactos ya no es suficiente para mantener el control del voltaje de los contactos. No obstante, cuando el voltaje sobrepasa ligeramente del valor asignado, entonces se cierran los contactos superiores. Cuando esto sucede, la bobina del rotor queda cortocircuitada y por consiguiente no pasa corriente por sus espiras.

Cuando no pasa corriente por las espiras del bobinado del rotor, la tensión producida por el alternador decrece rápidamente. Esto hace que se reduzca el magnetismo del devanado en paralelo, lo cual produce que los contactos superiores se abran. Con estos puntos abiertos, la corriente vuelve a pasar por la bobina del rotor así como a través del resistor. A medida que el voltaje aumenta, los contactos vuelven a cerrarse. Este ciclo de acontecimientos se repite numerosas veces por segundo, limitando el valor del voltaje que produce el alternador cuando el rotor gira a grandes velocidades.

El conjunto que constituye el regulador de voltaje cumple la misión de limitar el valor del voltaje producido por el alternador a través de los límites de velocidades preestablecidas del alternador, protegiendo todas las unidades y accesorios de un voltaje excesivo que podría dañarlos. La propiedad autolimitadora de la corriente producida por el alternador, elimina la necesidad de un regulador de corriente.

Reguladores Delco-Remy

Los hay de 2 y 3 unidades. El que describiremos es el de 3 unidades, tiene un interruptor (1) destinado a encender y apagar una lamparita que sirve de testigo de la carga de la batería; el regulador de tensión (2) y el interruptor del circuito de campo (3). La diferencia esencial es que el regulador de 2 unidades no tiene el interruptor de la lamparita testigo, en cuyo caso en el tablero de instrumentos hay un amperímetro para señalar en cada momento la corriente de carga de la batería. El resto del regulador es idéntico en los dos modelos. La figura 104 representa un regulador de 3 unidades.

El regulador de tensión limita el voltaje entre valores preestablecidos en que debe de funcionar el alternador "Delcotrón"; el relé de campo desconecta el devanado de excitación del "Delcotrón" y el devanado del regulador de tensión de la batería, cuando está abierto el interruptor de encendido.

La lámpara testigo (6) se enciende cuando se cierra el interruptor de encendido; después, cuando el "Delcotrón" inicia la carga de la batería, la lámpara (6) se apaga. Si el "Delcotrón" no carga, cualquiera sea la causa, permanece encendida la lámpara, lo cual indica que hay alguna avería.

Veamos cómo funciona este equipo regulador.

Al cerrar el circuito de ignición con la llave (5) los contactos del interruptor se cierran, y esto antes que el motor se ponga en movimiento, la corriente así ya pasa, de la batería, a través de la lámpara (6) hasta la masa, a través de la cual vuelve a la batería. La lámpara testigo encendida indica que el "Delcotrón" no funciona.

Por otra parte, con los contactos cerrados del interruptor de encendido, el devanado del relé de campo está conectado a la batería. La corriente procedente de la batería crea un campo magnético por medio del devanado del relé y atrae la lámina vibratoria hacia el núcleo, produciendo la unión de los contactos y por lo tanto, cerrando el circuito. La corriente, por lo tanto, fluye de la ba-

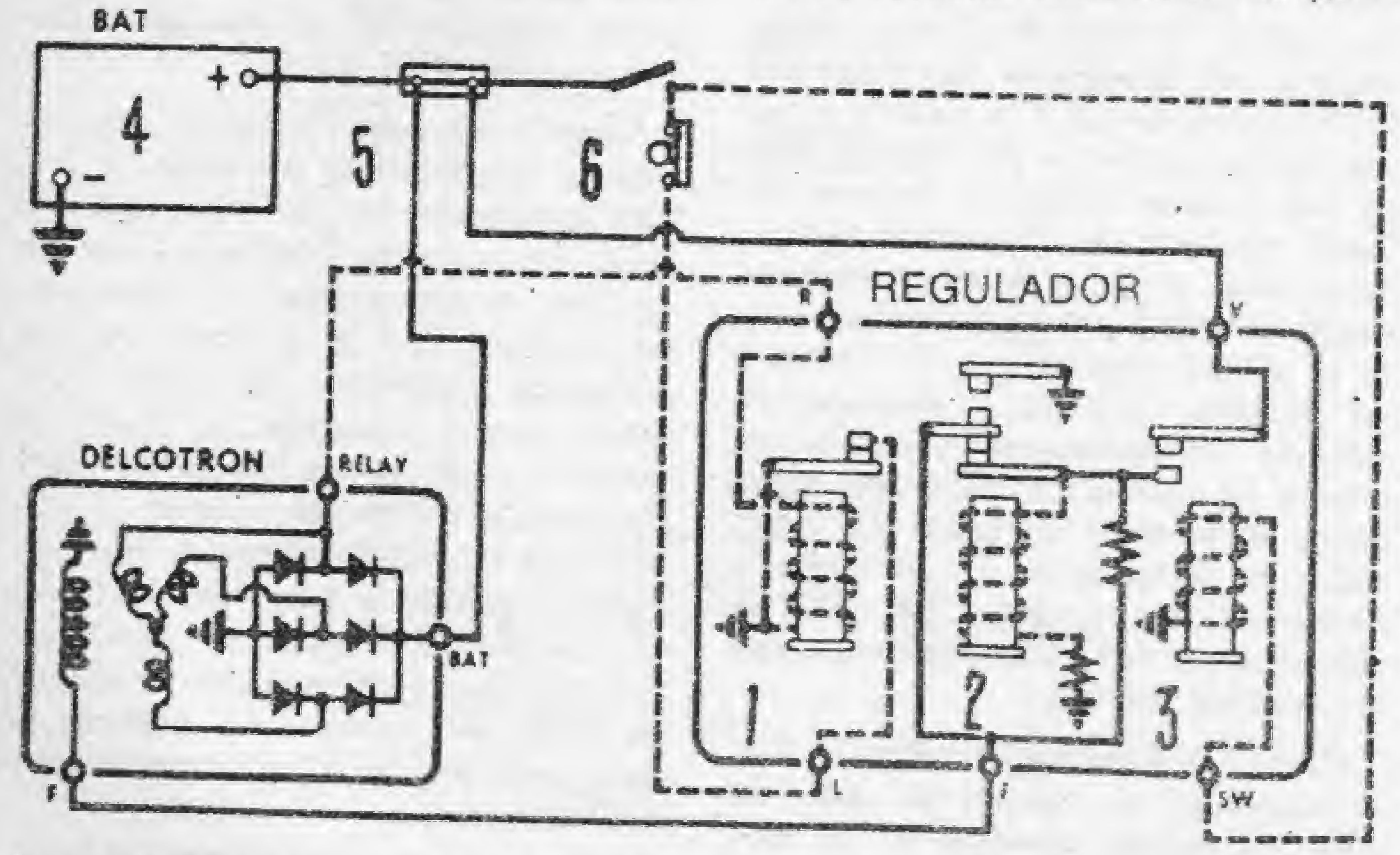


Fig. 104. Conjunto del regulador Delco-Remy y las interconexiones con el alternador Delcotrón: el estator, trifásico, en estrella y el rotor representado por una bobina con el borne superior a masa. En el regulador: (1) relé de la lámpara testigo; (2) regulador de tensión; (3) interruptor de la bobina del rotor.

tería a través del borne V (el de la derecha de la parte superior) del regulador, así como a través de los contactos del relé de campo y de los contactos del regulador, hacia el borne F (el del medio de los tres de abajo) del regulador, excitando el campo del "Delcotrón".

Cuando se pone en marcha el motor del coche y el "Delcotrón" empieza a funcionar, el devanado del rotor induce tensión alterna en el devanado del estator. El puente de seis diodos transforma esta tensión alterna en tensiones continuas, disponibles en el terminal "Bat" del "Delcotrón" (borne de la derecha) que producen la corriente continua para cargar la batería.

La tensión que aparece en el terminal "Relay" (parte superior) del "Delcotrón", se aplica al devanado del relé (1) de la lámpara testigo; el campo magnético resultante hace abrir los contactos, colocados en la parte superior de (1) y la lámpara (6) se apaga, lo cual demuestra que la batería se está cargando.

Si hay alguna avería en la instalación la tensión en el borne Relay disminuye y por consiguiente los contactos entonces se abren y la lámpara testigo se enciende, con lo cual se advierte la avería.

A medida que va aumentando la velocidad del "Delcotrón" crece asimismo la tensión en el borne "Bat". Este aumento de tensión es aplicado, a través de los contactos del relé de campo, al devanado de excitación del regulador de tensión: a un determinado valor, previamente establecido, los dos contactos inferiores del regulador de tensión (2) se abren, por cuya causa la corriente de excitación está obligada a pasar a través de un resistor, parte inferior de (2). A consecuencia de esta caída la tensión, el voltaje del "Delcotrón" disminuye, los contactos del regulador vuelven a cerrarse y así sucesivamente, manteniendo estabilizada la tensión del "Delcotrón".

Puede suceder que la velocidad de rotación del rotor aumente a tal punto que la acción del resistor que hemos considerado (cuyo valor óhmico es muy reducido), en serie con el circuito de excitación (rotor) ya no sea suficiente para estabilizar la tensión; si tal cosa ocurre, se cierran los dos contactos superiores del regulador de tensión (2) con lo cual queda en cortocircuito el devanado del rotor. Es evidente que no habiendo excitación de los devanados del estator la tensión del "Delcotrón" disminuye, los dos contactos superiores vuelven a abrirse y así sucesivamente, muchas veces por segundo.

REGULADOR DE TENSION "PRESTOLITE"

Alternador-Regulador Prestolite

Este alternador, descrito en la figura 91, es del tipo ALE 5001, utilizado desde hace varios años en los coches Valiant. El conjunto de la instalación comprende el alternador, una unidad separada que contiene el regulador interruptor y la batería del coche.

Habiendo ya sido descrito el alternador, concentraremos ahora nuestras explicaciones en el regulador interruptor, que fundamentalmente, tiene la misma finalidad que el regulador de tensión y el disyuntor.

Regulador interruptor Prestolite

Se compone de dos bobinas que accionan un vibrador que, en su movimiento de vaivén, hacen contacto con unos bornes que establecen e interrumpen varias resistencias que son los elementos de regulación. El conjunto se representa en la figura 105, donde la bobina (1) actúa de regulador de tensión y la bobina (2) de interruptor.

El interruptor. Cumple las finalidades siguientes:

a) Impide que el alternador si se montase con las conexiones invertidas, con respecto de la batería, pro-

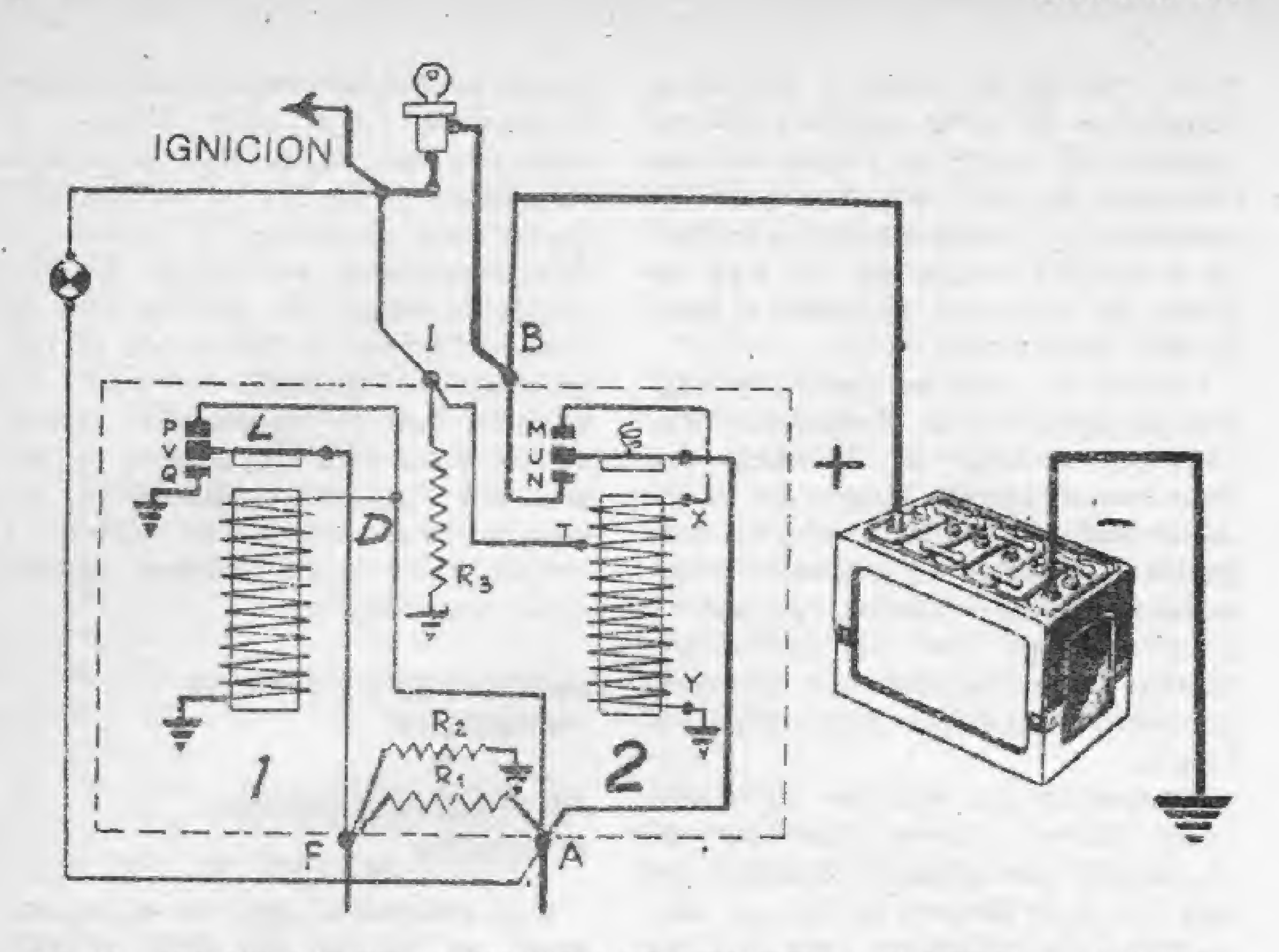


Fig. 105. Regulador e interruptor Prestolite y sus conexiones con el alternador y la batería.

dujese un efecto perjudicial a los diodos rectificadores de silicio.

b) Evita que cuando el motor térmico está parado y el interruptor de la ignición cerrado, se descargue la batería en el devanado de la bobina del rotor; en efecto, en tales circunstancias el inductor está recorrido por la corriente de la batería a través de los contactos "ignición" (encendido).

El regulador de tensión. Tiene por objeto mantener la tensión que se aplica a la batería de entre determinados valores. Esto se consigue mediante una resistencia, R_1, que ocasiona una caída de voltaje a la corriente de excitación (rotor) cuando el alternador produce una tensión más elevada de la necesaria y sacándola del circuito cuando la tensión es inferior a la mínima preestablecida.

Funcionamiento del interruptor

Mientras el coche está parado, y hasta el instante en que se pone en marcha, los contactos UN están separados, estando unidos, en cambio, los MU. El inductor recibe corriente de la batería, a través de la llave de ignición, por el circuito siguiente: I, T, X, M, U, A, P, V, F, que comprende la resistencia de la tercera parte de la bobina del interruptor (2), o sea, de unos 30 ohmios: la intensidad de la corriente en estas condiciones es insignificante. Obsérvese bien que durante la puesta en marcha del motor térmico el inductor está recorrido por todo este circuito lo que refuerza el magnetismo remanente del rotor facilitando con ello el arranque.

Observamos, por otra parte, que desde el punto T la corriente también se bifurca por el circuito TV a masa y, según hemos visto anteriormente, al inductor vía T, X, M, U, A. Puesto que las dos corrientes circulan en sentido contrario, sus flujos magnéticos son opuestos y en consecuencia el campo magnético resultante se ve debilitado no pudiendo por lo tanto la bobina (2) atraer la armadura; como resultado, los contactos MU continúan unidos.

Cuando el motor del coche acelera su marcha y por consiguiente va aumentando la tensión que produce el

alternador, esta tensión se opone a la de la batería, disminuyendo, en consecuencia, la intensidad en la porción del devanado TX. A medida que va acelerando más la marcha del motor térmico llega un punto en que la intensidad por TX es tan débil que se produce la atracción de la armadura móvil separando los contactos MU, uniendo entonces los contactos UN. Así persiste mientras el alternador produce una tensión superior a la de la batería, cargándola; en cuanto disminuye su velocidad, se produce la condición inversa y llega un punto en que la corriente por la parte TX del bobinado se hace tan débil que vuelve a establecerse el contacto MU, volviendo al caso anteriormente considerado.

Veamos ahora la función de "vigilancia" que realiza el interruptor que estamos analizando. Si, por equivocación, la batería se conectase con las polaridades invertidas, desde luego, la circulación de la corriente en todos los circuitos será también invertida y, particularmente, en las dos porciones de los devanados de la bobina del interruptor (2). Ahora bien, puesto que la tensión producida por el alternador no cambia de sentido aunque esté invertida la batería (puesto que depende solamente de cómo están montados los diodos rectificadores) resulta que al poner en marcha el motor del coche, la tensión producida por el alternador no se opondrá en la porción de bobinado TX, a la tensión de la batería: los contactos MU no se separan, evitándose así que los dos generadores (alternador y batería) se conectasen en serie, lo que produciría un grave peligro para los diodos. La resistencia R_3, en paralelo con el devanado TY ayuda a estabilizar el circuito.

Funcionamiento del regulador

La tensión producida por el alternador Prestolite es gobernada por medio del regulador de tensión, formado por el dispositivo (1), contenido en la misma unidad que el interruptor automático.

Observando la figura 106 vemos que se trata de un regulador vibratorio clásico cuya misión es mantener el valor de la tensión producida por el alternador dentro de los valores prefijados de máxima y mínima apropiados para la carga de la batería.

En el regulador de tensión Prestolite intervienen como parte importante de su funcionamiento tres resistencias, indicadas R_1, R_2 y R_3.

En efecto, la resistencia R_1, que tiene un valor comprendido entre 9 y 11 ohmios, cumple la misión de hacer variar la intensidad de la corriente de excitación (rotor), desde un máximo (cuando el alternador se pone en marcha) hasta anularse (poniéndolo en cortocircuito) al adquirir velocidades superiores a las preestablecidas.

Para comprender más claramente el funcionamiento de este regulador de tensión consideraremos tres puntos claves:

1) En *estado de reposo* del alternador, o cuando inicia su velocidad al cerrar el contacto de la ignición y se pone en marcha el motor térmico, los contactos P y V están unidos; por lo tanto R_1 está en cortocircuito (por estos contactos) quedando de esta manera el devanado del rotor en circuito directo con la batería. Esto es evidente que favorece la generación de voltaje en los bobinados del estator del alternador al ponerse en movimiento el rotor.

2) A *mediana velocidad*, la lámina L vibra algo, lo cual produce que se efectúen contactos intermitentes entre P y V, intercalando la resistencia R_1 cuando se separan: el regulador empieza a actuar, gobernando R_1 la intensidad que pasa por el bobinado del rotor y, por consiguiente, la tensión inducida en el estator.

3) A *grandes velocidades*, los contactos V y O se unen. Esto es debido a que la fuerte intensidad de la corriente producida por el estator, saliendo del borne A (armadura), al llegar a D, entra a la bobina del regu-

lador de tensión (1) y al circular por su devanado crea un campo magnético que es capaz de atraer la lámina L, uniendo así los contactos V y Q; quedando así establecido el circuito del rotor a masa (vía L, V, Q): al desaparecer el campo magnético del rotor, la tensión del estator baja rápidamente quedando así realizada esta fase de la regulación de la tensión.

4) Al *disminuir la tensión* el campo magnético de (1) disminuye también y la lámina L deja de ser atraída a tal punto que nuevamente vuelven a ponerse en contacto V y P, reiniciándose así otra nueva etapa similar a la (2).

Respecto a la resistencia R_2 (cuyo valor está comprendido entre 18 a 22 ohmios), conectada en derivación con el rotor, tiene por finalidad servir de circuito de descarga de la autoinducción que aparece en el interruptor cuando se separan los contactos V y P y se retransforma en corriente el campo magnético del bobinado (1).

bobinado TY de la bobina (2): sirve para ayudar a obtener el equilibrio de los diversos circuitos, como un punto de tensión de referencia, pues no debemos perder de vista que el conjunto del regulador de tensión y el interruptor automático están interconectados entre sí.

REGULADOR "INDIEL" 4A5-0690

Funcionamiento

Al cerrar el contacto mediante la llave de ignición la corriente procedente de la batería se deriva hacia dos circuitos, figura 106; el de la lámpara indicadora de carga que termina en el borne "ROTOR", a donde llega con una tensión muy baja (debido a la caída de tensión producida por la lámpara); la otra derivación se conecta al borne "IGN" y de ahí, al devanado (1) del Disyuntor (Relay de Protección), aproximadamente en la mitad de su devaneo, de donde resulta

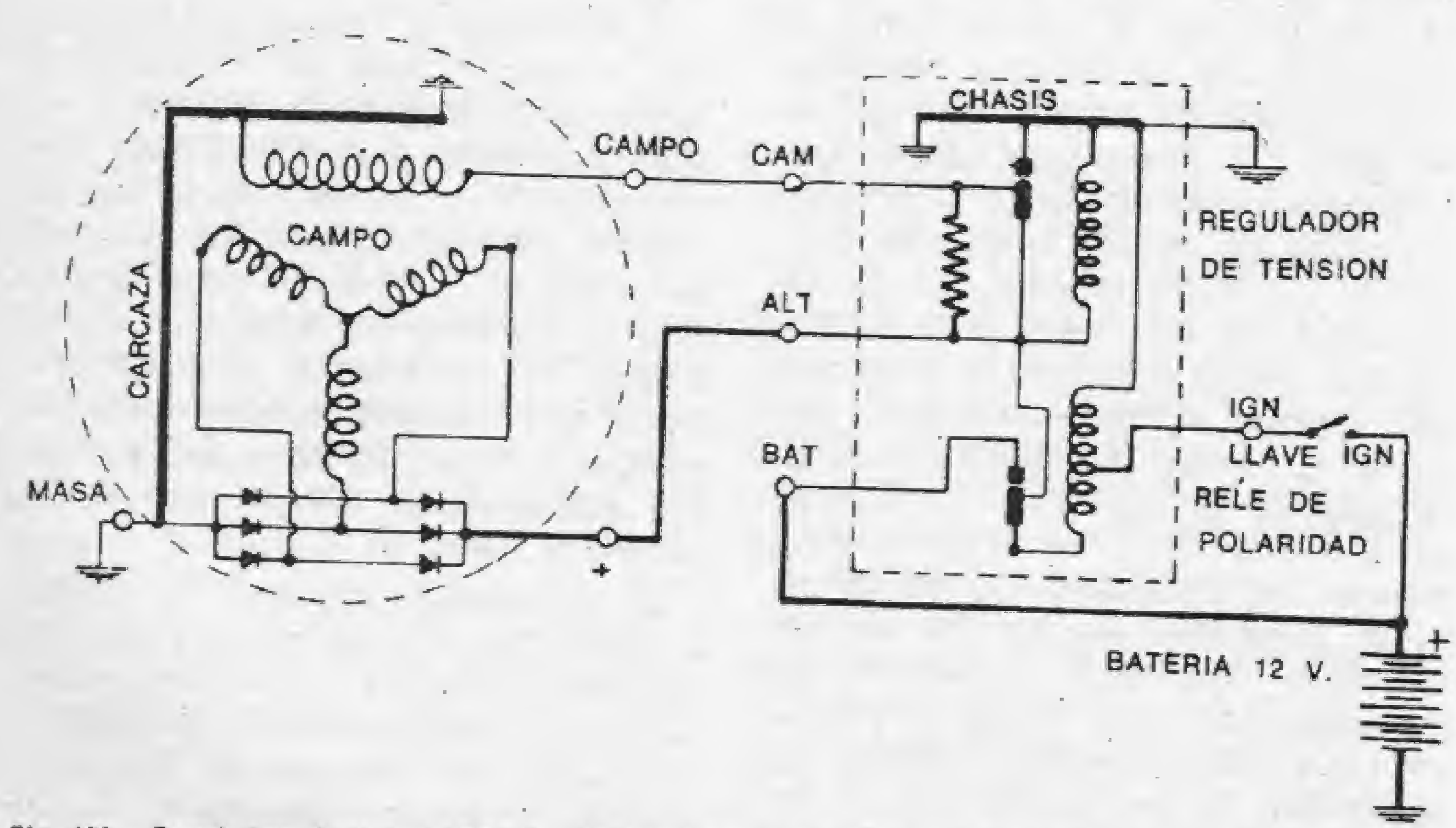


Fig. 106. Regulador Indiel 4A5-0690, indicándose todas las conexiones con la batería y el alternador, con los diodos rectificadores de las tres fases.

La resistencia R_3, conectada del borne I a masa, está en paralelo con la parte del bobinado TY (Y, a masa también). Por lo tanto R_3 está en derivación con la parte del bobinado TY (Y, a masa también). Por lo tanto R_3 está en derivación con la parte del

que circulando la corriente en sentidos contrarios hacia los extremos de la bobina (1) se forman dos polaridades de signo contrario: uno de los extremos del bobinado se conecta a masa y el otro extremo al contacto "A".

Debido a que los campos magnéticos de la bobina (1) se neutralizan, no pueden vencer la acción del resorte que se ejerce sobre el contacto móvil "B", montado sobre la lámina vibratoria, de suerte que este contacto permanece unido con el contacto "A", estableciendo circuito. Por otra parte, de la conexión inferior de la bobina (1), o sea, del disyuntor, la corriente se dirige por medio de los contactos "A" y "B", y, a través de la lámina vibratoria solidaria del contacto "B", al contacto "D" del regulador de tensión, adonde llega prácticamente con el mismo valor de tensión.

Esta tensión aplicada al bobinado (2) del regulador de voltaje es insuficiente para producir una intensidad que genere un campo magnético que sea capaz de atraer el contacto "E", venciendo la acción del resorte antagónico, por cuyo motivo los contactos "D" y "E" permanecen unidos, permitiendo con ello que la corriente circule hacia el terminal "CAM" del regulador y, desde ahí al terminal del devanado de campo del alternador cuya misión es producir el campo magnético del rotor.

La corrriente procedente del terminal "CAM" no podrá aplicarse a los 3 devanados del estator debido a la acción de los 3 diodos, los cuales actúan como válvulas de un solo sentido de propagación de la corriente, no permitiendo su paso cuando es de sentido contrario, de suerte que sólo pasará corriente del alternador al regulador cuando la tensión generada sea de un valor mayor que el de la batería. Por consiguiente, cuando el motor del coche está funcionando la corriente producida por el alternador entrará al regulador por el terminal "CAM" con una tensión mayor que la utilizada para excitar los 3 devanados del rotor. Siguiendo su recorrido esta corriente llega al devanado (1) del disyuntor a través de los contactos "B" y "A", observando que tiene sentido contrario a la corriente que estaba actuando, de donde resulta que neutraliza la acción de la parte superior del devanado (1) del disyuntor (relay de protección); como consecuencia, el campo magnético producido por la otra mitad del devanado ahora será capaz de vencer la acción del resorte que actúa sobre la lámina vibratoria que tiene adherido el contacto móvil "B", desplazándolo hacia el contacto "C", con el cual permanecerá unido. Por consiguiente, en estas condiciones queda establecido el circuito entre la salida del alternador y la batería.

Veamos ahora lo que sucede cuando la velocidad del coche aumenta, lo cual produce un aumento del número de revoluciones del rotor del alternador. Es evidente que se producirá una tensión mayor y con ello una mayor intensidad de la corriente, lo cual es preciso controlar. Cuando la tensión ya alcanza un determinado valor la corriente que pasa por el devanado (2) del regulador de tensión producirá un campo magnético capaz de separar el contacto móvil "E" del contacto "D", con lo cual se intercala la resistencia R en el circuito de excitación del campo del alternador. Esto produce una disminución de la intensidad de la corriente de excitación, cuya consecuencia inmediata es una disminución de la tensión producida por el alternador. Es evidente que al disminuir la excitación del rotor disminuye la tensión que genera el alternador y, como consecuencia, se reduce el campo magnético producido por el paso de esta corriente a través del devanado (2) del regulador de tensión; el resorte del contacto móvil "E" vencerá la acción del campo magnético y se juntarán los contactos "E" y "D", la resistencia R queda fuera del circuito y tendremos un nuevo aumento de la intensidad de la corriente de excitación del campo del alternador; a consecuencia de ello tendremos nuevamente un incremento de la tensión producida por el alternador, obteniendo nuevamente los resultados explicados anteriormente.

Consideremos ahora el caso de que el coche sigue aumentando cada vez más su velocidad. Desde luego, así

también irá aumentando la tensión producida por el alternador que, al aplicarse al devanado (2) del regulador de tensión creará un campo magnético atrayendo el contacto móvil "E" (venciendo la acción del resorte antagónico) uniéndolo con el contacto "F", con lo cual el campo está conectado a masa y, evidentemente, su excitación se anula: la tensión generada por el alternador decae así como la intensidad del campo magnético producido en el devanado (2), la acción del resorte ahora preponderante hace que los contactos "E" y "D" se unan con lo cual sale de circuito la resistencia R y aumenta nuevamente la excitación del campo del alternador.

Esta serie de aperturas y cierres de circuitos, para intercalar y sacar la resistencia R, hace que la lámina vibratoria que tiene en uno de sus extremos el contacto móvil "E", se desplace entre los contactos fijos "E" y "D" muchas veces, siendo su frecuencia vibratoria entre 150 y 200 vibraciones por segundo.

Veamos ahora la importante misión que cumple el disyuntor si, por error, se conectase la batería con las polaridades al revés, o sea, el positivo a masa. La corriente, al circular ahora en sentido inverso al que le corresponde, entrará por el borne de masa del devanado (1) del disyuntor y el negativo a través de la llave de ignición al borne central de la bobina (1). Ya hemos explicado que en esta bobina se forman dos polos antagónicos en sus extremos que se anulan mutuamente, prevaleciendo gracias a ello la acción del resorte que mantiene unidos los contactos "A" y "B", y por consiguiente, separados los contactos "B" y "C", lo cual equivale a decir que la batería está desconectada del alternador. Así evita que la corriente de la batería llegue a los diodos, los cuales serían destruidos por aplicárseles corriente de sentido inverso del que les corresponde.

Esta función del disyuntor se cumple debido a que el alternador entrega siempre en el borne "CAM" una polaridad positiva, que se aplica al borne superior del devanado de la bobina (1), pero, como que en el extremo inferior de esta bobina, conectado a masa, suponemos ahora que tenemos el positivo de la batería, resulta que en la derivación central de (1) tendremos una polaridad negativa, que a través de la llave ignición, se conecta al ahora polo negativo de la batería, reforzando el efecto de mantener unidos los contactos "A" y "B".

Conviene distinguir las dos funciones, bien distintas, que cumple el disyuntor, que son:

a) Abre y cierra el circuito que conecta la salida del alternador con la batería, evitando que la corriente de ésta se envíe al alternador cuando el coche está parado.

b) Desconecta la batería del alternador cuando, por error, el acumulador se ha conectado con las polaridades invertidas.

Instalación del regulador TLAC 3 (4A5 - 0690)

Es importante que esta unidad sea montada en condiciones térmicas similares a las de la batería del vehículo. La superficie donde se monte la unidad debe ser plana y vertical. El regulador de voltaje debe ser montado con los bornes hacia el costado. Es de suma importancia conectar en forma segura la base de la unidad a masa. No debe montarse en lugares excesivamente calientes (cerca del caño de escape, motor, etcétera) ni en sitios donde esté expuesta a quedar sumergida en agua o sometida a salpicaduras.

Cómo deben hacerse las conexiones. Deben realizarse siguiendo el esquema de la figura 107. El cable que une el terminal positivo del alternador con el borne GEN del regulador y el que une el terminal BAT del regulador con el terminal positivo de la batería, no debe tener una resistencia mayor de 0,006 Ω. El cable

que une el terminal positivo del campo del alternador con el terminador "CAM" del regulador, no debe tener una resistencia mayor de 0,02 Ω.

En el supuesto caso de encontrarse terminales flojos, antes de efectuar su apriete, previamente deberá ser

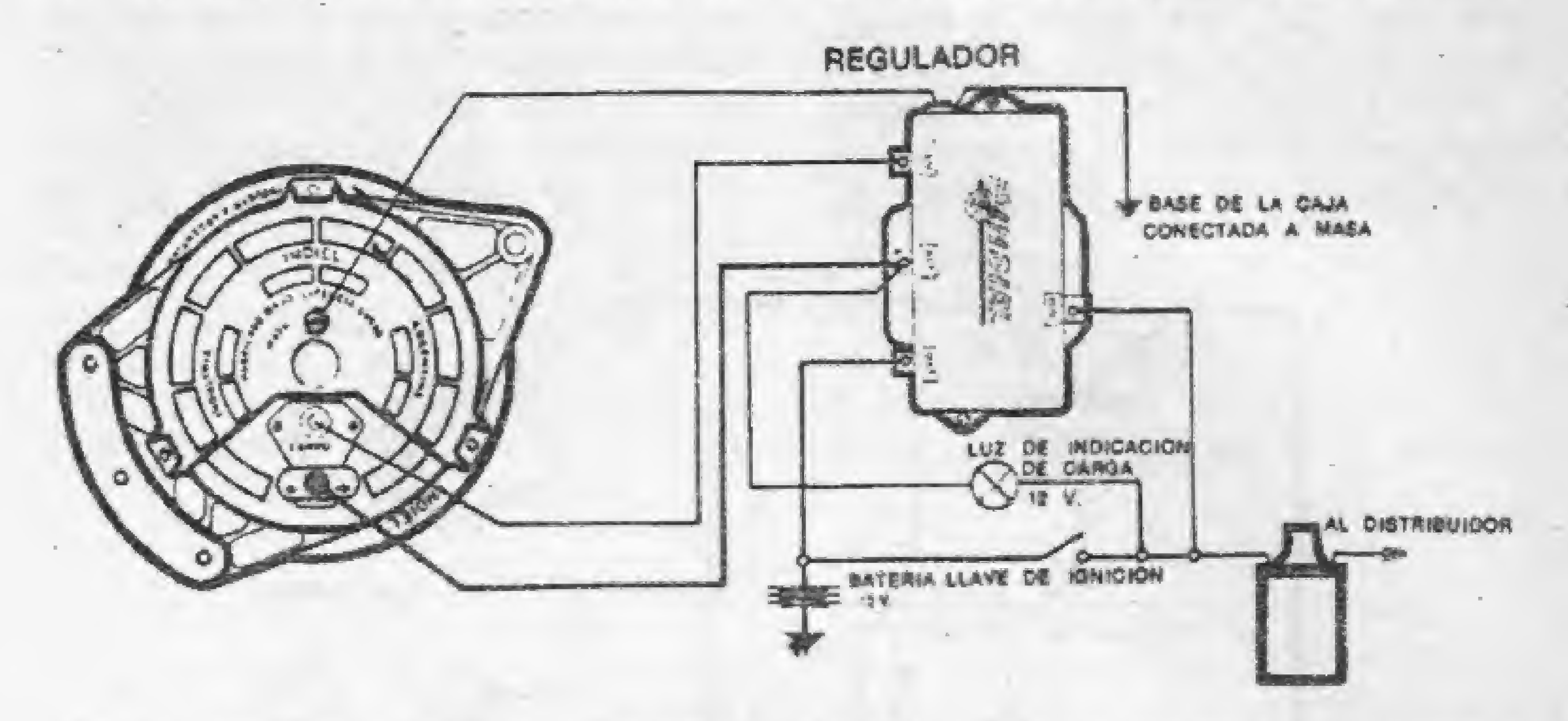


Fig. 107. Forma de realizar las conexiones del alternador Indiel con su regulador y la batería

desconectado el terminal tierra de la batería, para evitar cortocircuitos accidentales que podrían provocar la destrucción de los diodos rectificadores.

REGULADOR VIBRATORIO TRANSISTORIZADO

Sus ventajas

Este regulador utiliza un interruptor a contactos gobernados por una lámina vibratoria, como los ya descritos anteriormente. La diferencia fundamental radica en que por los contactos no se hace pasar la corriente de excitación del alternador sino sólo una pequeña parte, utilizando para ello un transistor.

El circuito de excitación del campo (rotor) de un alternador tiene un valor de inductancia muy elevado, lo cual es la causa de que las aberturas y cierres de los contactos del regulador les produzcan desgastes que los deterioran muy pronto, teniendo en cuenta que la corriente de excitación, según el tipo de alternador, está comprendida entre 1,9 y 2,5 A. En cambio, utilizando un transistor, los contactos del vibrador sólo interrumpen una corriente muy débil, de décimas de amperio, a través del circuito no inductivo emisor-base, encargándose el transistor a través del circuito emisor-colector, del paso de la corriente de regulación de la bobina del rotor. Al pasar tan débil corriente por los contactos del vibrador, no sólo éstos duran indefinidamente sino que, una vez ajustados, no requieren ningún cuidado ni ajuste y la estabilización, mecánica, térmica y eléctrica puede durar tanto como la vida misma del regulador. En fin, podemos aún añadir que el transistor siendo un interruptor puramente electrónico, no tiene piezas en movimiento como ocurre con los interruptores electromagnéticos tradicionales, que requieren una atención permanente y un ajuste muy delicado.

Para comprender claramente cómo funciona el interruptor vibratorio transistorizado describiremos, primero, el principio en que está fundado y luego el regulador Prestolite, completo.

Regulador transistorizado fundamental

Utiliza contactos y lámina vibratoria (fig. 108) estando la bobina voltimétrica conectada a los bornes de salida del alternador.

Los contactos del vibrador, generalmente unidos, están intercalados en serie en el circuito de base del transistor. Como que pueden producirse sobretensiones debido al alto valor inductivo de los bobinados, el transistor está protegido por un diodo de descarga, "D", que disipa la energía acumulada en el circuito del rotor.

Este regulador tiene un devanado suplementario recorrido por la corriente pulsatoria que sale del colector del transistor: su finalidad es ayudar la acción del campo magnético del vibrador, acelerando su movimiento, por cuyo motivo se la denomina bobina aceleradora, Ba. Su acción es muy notable, asegurando una corriente de carga de la batería muy uniforme. La resistencia "R" conectada en serie en el circuito de la base del transistor tiene por objeto limitar el valor de la intensidad de la corriente en los contactos del regulador.

Este regulador funciona en esta forma: cuando se cierra, con la llave (1) el circuito del encendido (ignición) la batería suministra una corriente eléctrica al devanado (2) del regulador. Partiendo del polo positivo de la batería, pasa por el emisor y la base del transistor, siguiendo a través de la resistencia "R" intercalada en el circuito de la base, pasa a través de los contactos del vibrador de donde va a la masa desde donde cierra el circuito por el circuito negativo de la batería.

Ahora bien, ya sabemos que esta corriente del circuito emisor-base del transistor produce un paso de corriente mucho mayor en el circuito emisor-colector dando así paso a la corriente que alimenta la bobina de campo del rotor, atravesando previamente la bobina aceleradora con lo cual se refuerza la acción de la bobina voltimétrica (2) que acciona el vibrador.

Cuando se pone en marcha el motor térmico, la tensión producida por el alternador va aumentando hasta que los contactos del vibrador se abren debido al aumento de la atracción magnética del núcleo del regulador. La apertura de los contactos interrumpe la corriente del circuito de base del transistor lo cual provoca, automáticamente, una reducción de la corriente emisor-colector, o sea, de salida del transistor y, como consecuencia de ello, se reduce la intensidad de la corriente de excitación del rotor. La tensión que produce el alternador disminuye, lo cual ocasiona que los contactos del vibrador vuelvan a cerrarse. Esta serie de acontecimientos se repite muchas veces, manteniendo gracias a ellos la tensión de salida del alternador dentro de los valores deseados.

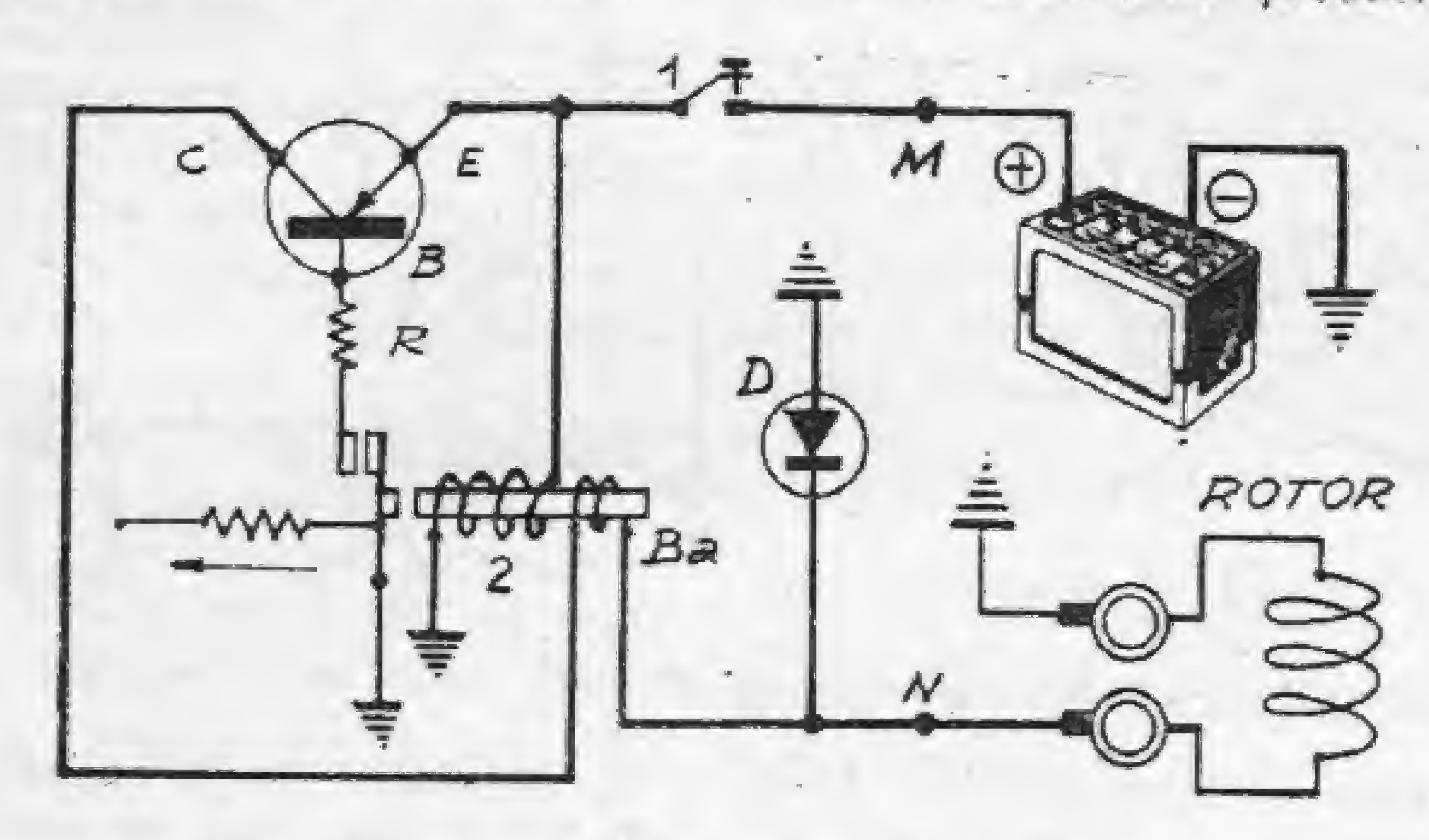


Fig. 108. Esquema fundamental del regulador transistorizado

Regulador transistorizado Prestolite

Es muy interesante el estudio de este regulador transistorizado y ha-

cer la comparación con el regulador puramente mecánico, de esta misma marca, que hemos descrito anteriormente.

Se compone de dos unidades: a) el relé interruptor del bobinado del rotor; b) el regulador de tensión propiamente dicho.

El interruptor está constituido por una armadura magnética, en U, en cuyo interior está colocada la bobina del sistema electromagnético que gobierna la placa móvil portacontactos que determina, con su movimiento, la apertura, o cierre de los respectivos contactos.

En estado de reposo, los contactos están abiertos.

gulador: bobinado, regulador, contactos 3 y 4, transistor, diodo, y borne "F" (para hacer la conexión al rotor del alternador) no son recorridos por corriente alguna.

El devanado voltimétrico del interruptor, "A", es excitado en cuanto se cierra el contacto de la ignición, "Q". La corriente de la batería llega al borne "I", por consiguiente, a la bobina voltimétrica "A", cerrando el circuito a través de la masa. En estas condiciones se cierran los contactos 1 y 2 del interruptor y entonces, la corriente de la batería, atravesando "B", une la armadura del relé y por consiguiente a la bobina

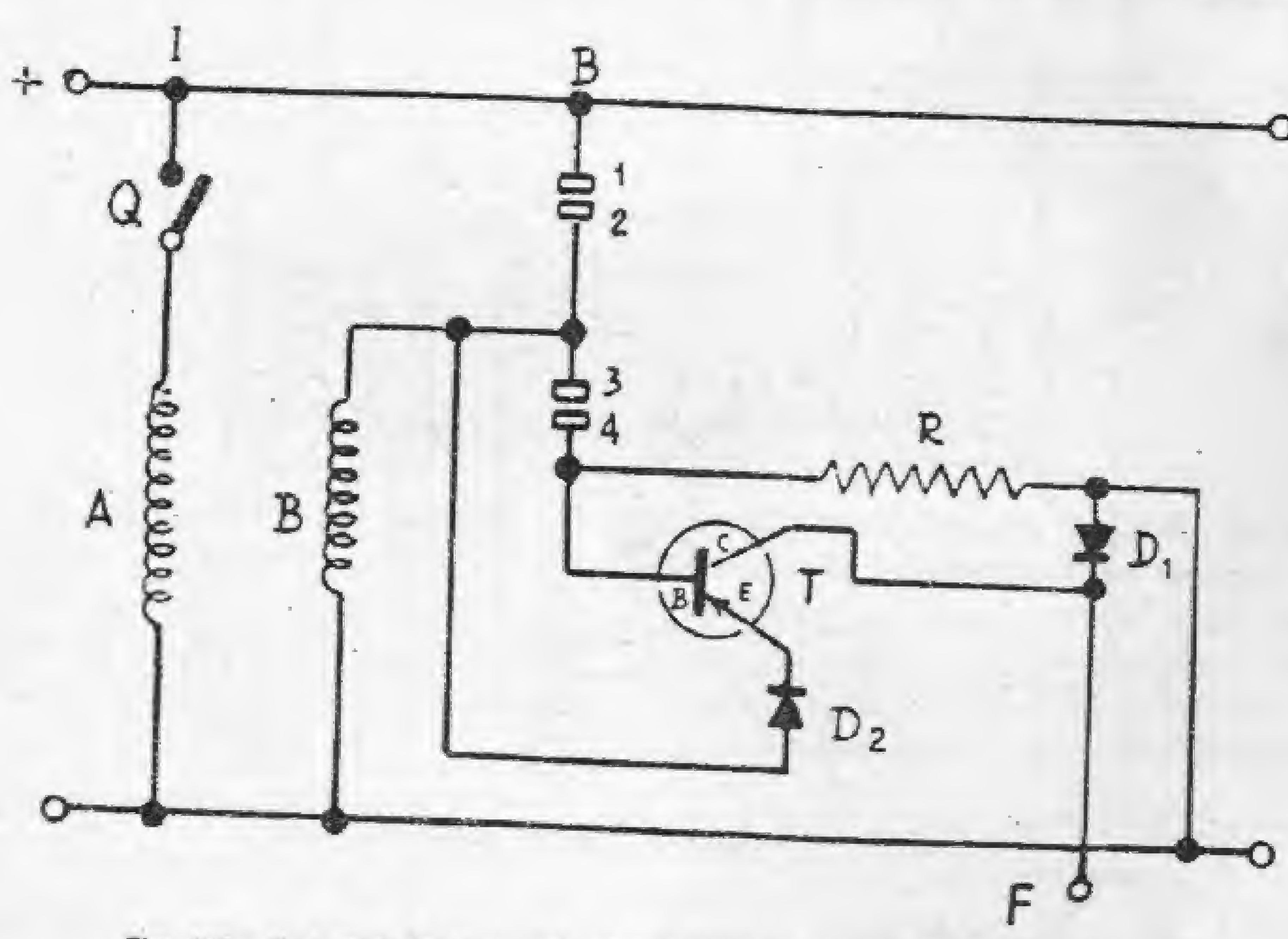


Fig. 109. Esquema básico del regulador transistorizado Prestolite

La misión del interruptor es permitir la alimentación del devanado voltimétrico del regulador y, a la vez, dar corriente al rotor del alternador, a través del transistor, facilitando así la excitación en el momento del arranque.

Examinando la figura 110 que representa el esquema de principio de este sistema, vemos que cuando el interruptor (contactos 1 y 2) está abierto, o sea en la condición de reposo, todos los circuitos internos del re-

voltimétrica del regulador y, sucesivamente, a los circuitos internos, dando comienzo al funcionamiento del regulador de tensión. La figura 110, representa el aspecto de este regulador.

Tengamos presente que tanto en estado de reposo como durante la regulación los contactos 3 y 4 permanecen abiertos, como corresponde con los reguladores tradicionales. Estos dos contactos sólo se cierran para poner en acción el transistor.

Funcionamiento del regulador. Veamos cómo funciona este regulador al poner en marcha el motor térmico del coche y mientras está funcionando.

a) **Puesta en marcha del motor.** En el momento de cerrar la llave de la ignición se inicia el funcionamiento del alternador, estando abiertos los contactos del regulador. En este instante la corriente que procede de la batería llega al resistor "R" a través del diodo D_2 y la unión emisor-base del transistor. Esta corriente pone en acción el transistor y la corriente fluye del emisor al colector llegando finalmente al rotor (a través del borne "F") produciendo su excitación.

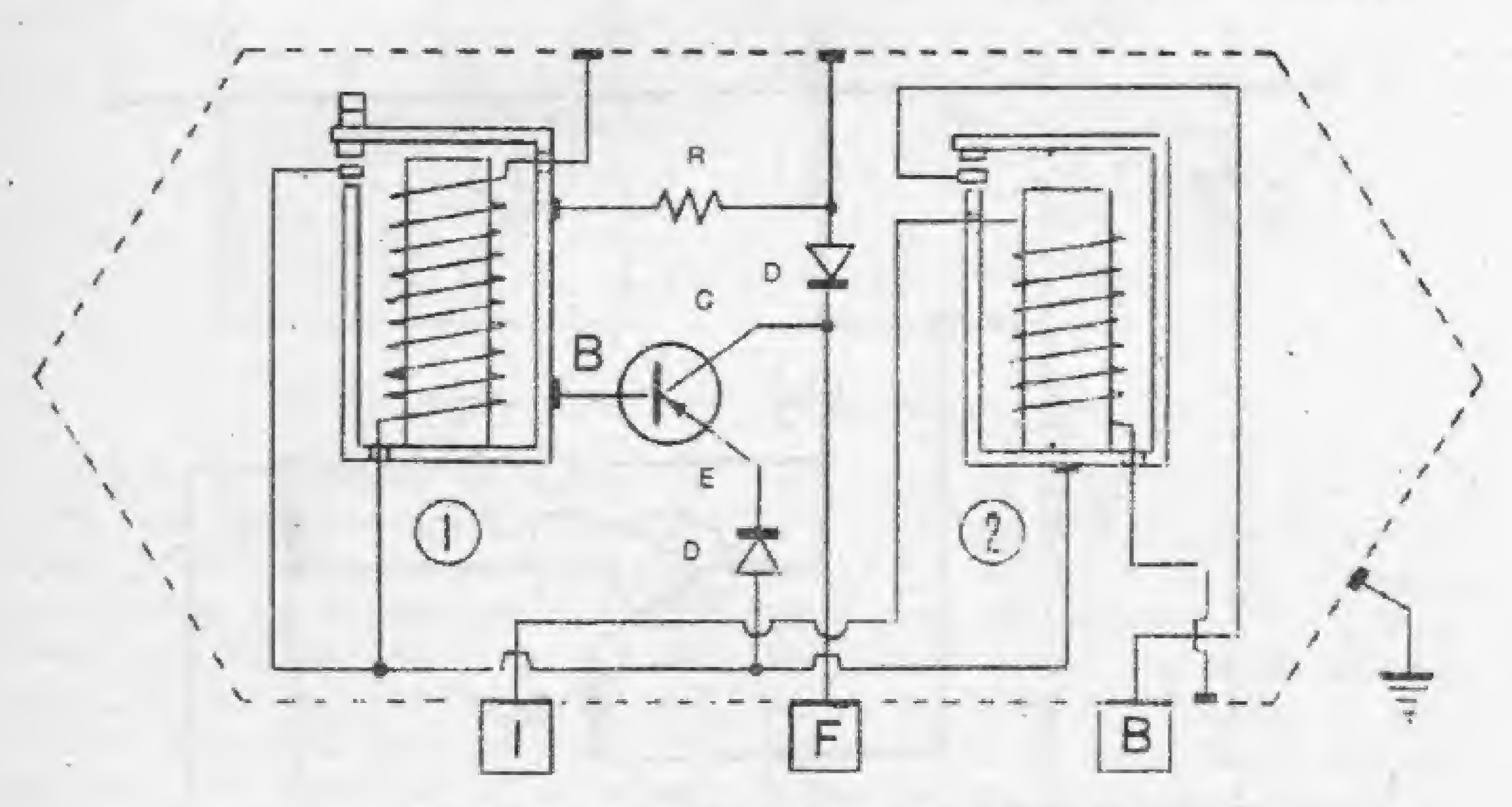


Fig. 110. El regulador transistorizado Prestolite.

Una vez excitado el rotor, creando su campo magnético, la tensión generada por el alternador aumenta hasta que la bobina voltimétrica "B", también excitada, genera una fuerza magnetomotriz capaz de atraer la placa portadora de contactos del regulador, cerrando los contactos 3 y 4.

b) **Motor ya en marcha.** El alternador ya genera electricidad y se cierran los contactos 3 y 4. Esto hace que se aplique a la base del transistor una tensión positiva, por cuyo motivo se interrumpe la circulación de corriente en el transistor. La consecuencia es que por el rotor deja de pasar la corriente y al no ser accionados los bobinados del estator por el campo magnético del rotor, disminuye la corriente. La figura 111, representa el conjunto de la instalación.

En tales condiciones la tensión generada se reduce así como la fuerza magnetomotriz de la bobina voltimétrica del regulador por cuyo motivo los contactos se abren repitiéndose nuevamente los efectos mencionados.

Podemos resumir el funcionamiento del regulador transistorizado en esta forma:

a) El cierre de los contactos del regulador interrumpe el transistor: el alternador tiende a desexcitarse.

b) La apertura de los contactos del regulador acciona el regulador: el alternador se excita y genera electricidad.

Esta sucesión de cierres y aperturas de los contactos se repite obteniendo de esta forma la regulación de la tensión generada, en forma análoga a cómo se produce la regulación de las dínamos, poniendo y sacando la resistencia de regulación del circuito de excitación, con el regulador tradicional a contactos vibratorios.

El resistor "R" es un limitador de la corriente de base del transistor. La

base debe estar conectada a tierra para poder gobernar su funcionamiento, pero si así se hiciese se produciría un paso de corriente ilimitado a través de la unión emisor-base del transistor cuando se abriesen los contactos del regulador. En cambio, al cerrarse los contactos, dejando entonces de funcionar el transistor, la intensidad de la corriente hacia la tierra, atravesando los contactos, se ve limitada por el resistor "R".

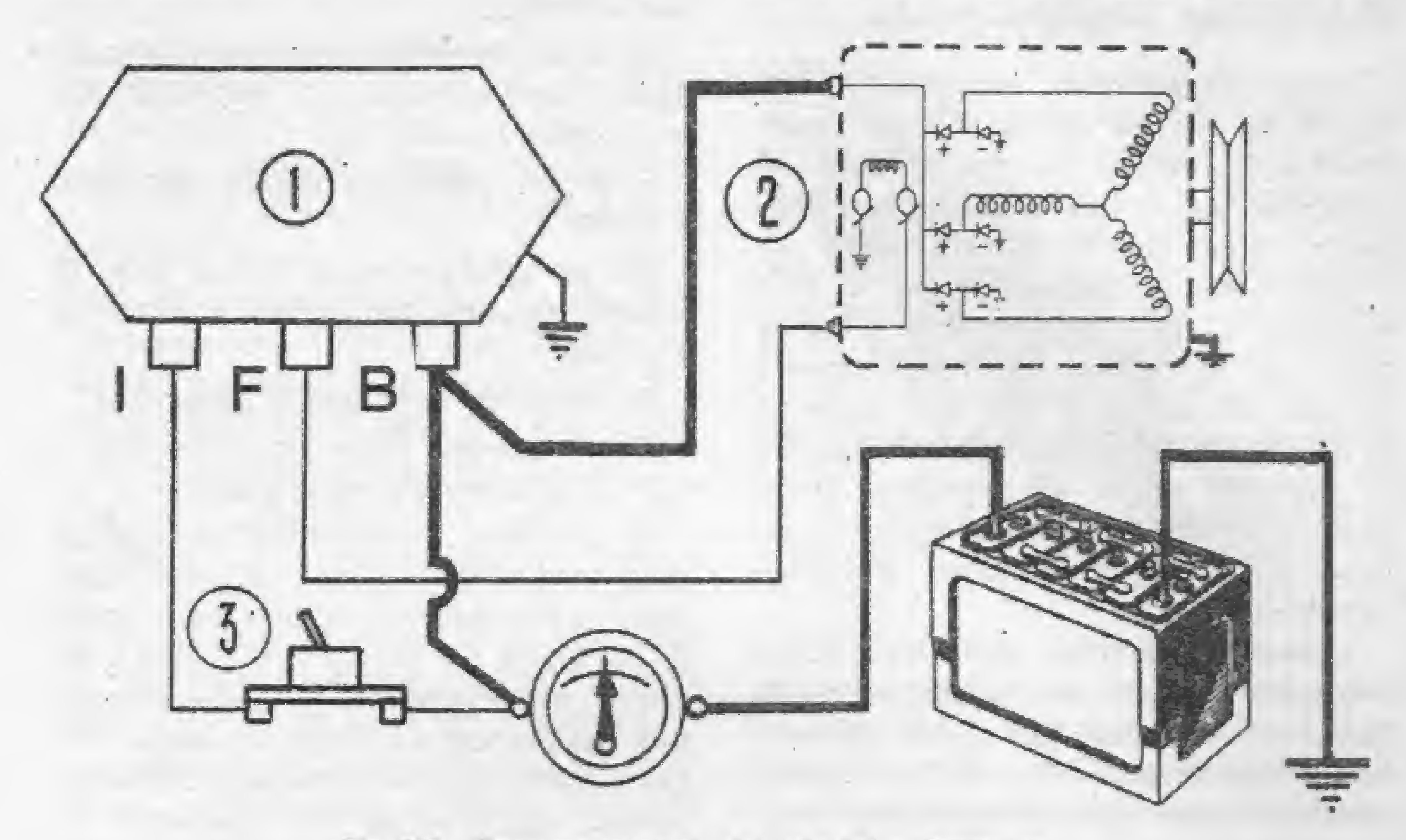
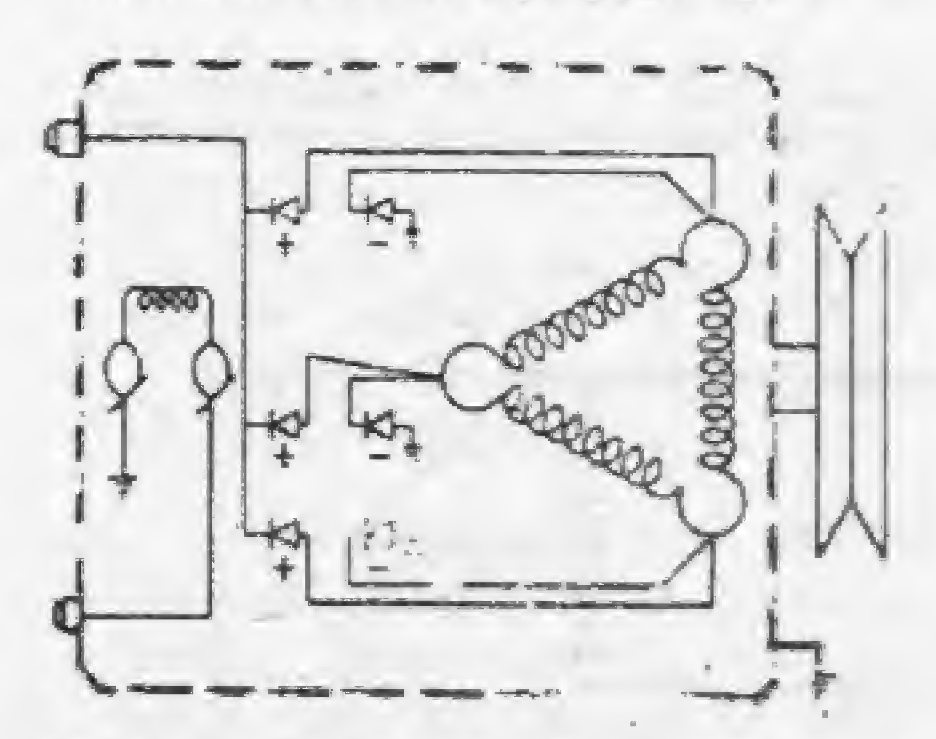


Fig. 111. Esquema general del regulador Prestolite.

El diodo D_1 produce un voltaje de polarización que bloquea el circuito de "B" (base) a "C" (colector) del transistor, cuando éste no funciona (contactos 3 y 4 cerrados). Este diodo, además, protege el transistor en el caso que por error la batería se hubiese conectado al revés.

El diodo D_2, en cambio, tiene la misión de bloquear las sobretensiones. Cumple la misma finalidad de la resistencia que produce la caída de tensión en los reguladores de tensión de las dínamos, pero, en el caso que ahora estamos considerando, sirve, además, para proteger el transistor de las sobretensiones, que lo dañarían.



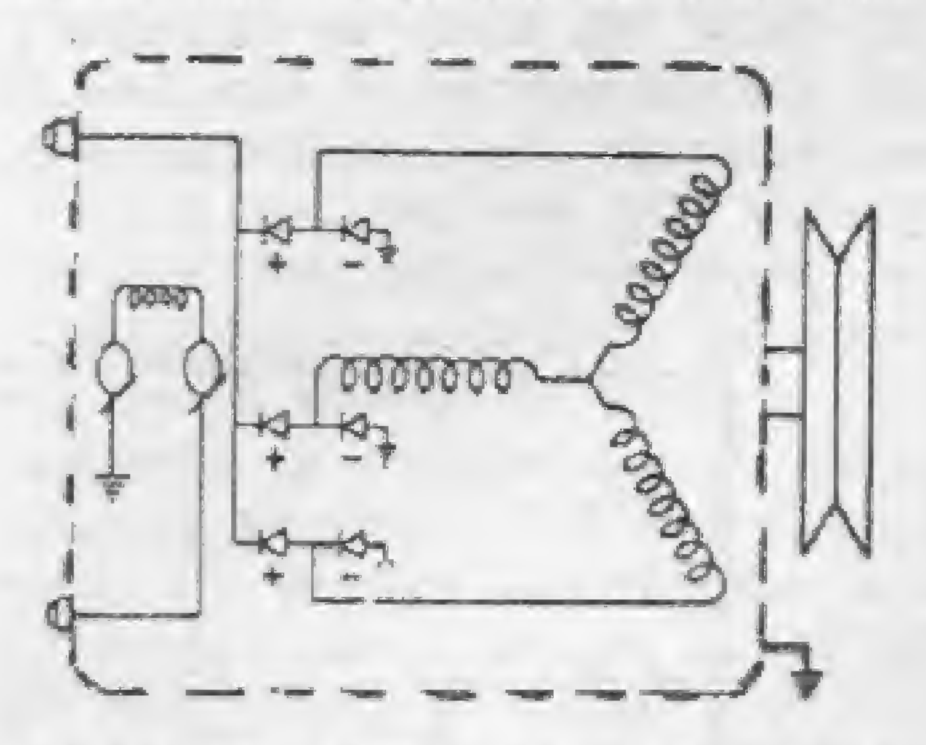


Fig. 112. Estatores trifásicos conectados en estrella y en triángulo. Ambas formas de conectar las fases se utilizan en los alternadores.

Los estatores de los alternadores trifásicos pueden conectar sus fases en triángulo y en estrella. En la figura 112 se representan estas dos formas de interconexión, indicándose

asimismo la de los seis diodos rectificadores, tres positivos y tres negativos.

REGULADORES ELECTRONICOS

Cualidades fundamentales

Estos reguladores gobiernan totalmente la marcha del alternador, manteniéndolo dentro de los límites de velocidad que previamente se han asignado; cuidan que la batería reciba correctamente la debida carga, e interrumpen el paso de corriente al devanado de la bobina del rotor cuando se para el coche, o sea que cumplen la misma finalidad que los reguladores a vibrador pero, sin ninguna parte mecánica movible: los transistores realizan todas las operaciones electrónicamente.

Vamos a describir dos reguladores electrónicos, uno con transistores del tipo N, y otro del tipo P. El primero es el regulador Lucas 4 TR, y el segundo un regulador Delco-Remy.

Regulador Lucas a transistores

Se utiliza para regular el alternador Lucas, que se ha descrito en el capítulo II, e ilustrado con la figura 90.

El esquema de conjunto se ilustra enla figura 113 donde se ha representado el regulador con la interconexión del alternador y la batería. Vemos que el regulador propiamente dicho se compone de 2 transistores, T_1 y T_2, un diodo Zener ZD, un diodo D, un termistor TH y varias resistencias y dos condensadores fijos.

La función de estos elementos es la siguiente:

T_2 es un transistor de potencia cuya misión es gobernar la corriente de excitación (rotor).

T_1 es un transistor piloto, que abre y cierra T_2.

ZD es un Zener que dirige todo el funcionamiento, en forma automática y exacta.

D, diodo de descarga y seguridad.

TH, termistor, diodo muy sensible a las variaciones de temperatura [1].

El principio fundamental en que se basa el funcionamiento de este regulador a transistores es que hace variar la corriente de excitación (bobina del rotor) introduciendo en este circuito una resistencia variable, sin haber ninguna parte con movimiento mecánico, o sea, suprimiendo los contactos vibratorios que es la base del funcionamiento de los reguladores a vibrador.

Recordemos que los equipos Lucas emplean transistores del tipo n-p-n, por lo cual vemos en el esquema que las flechas indicadoras del sentido del paso de corriente en los transistores parte de la base (B) en dirección del

[1] Los termistores, o termo resistores, los describo en mi obra *Elevadores y Estabilizadores de Tensión*".

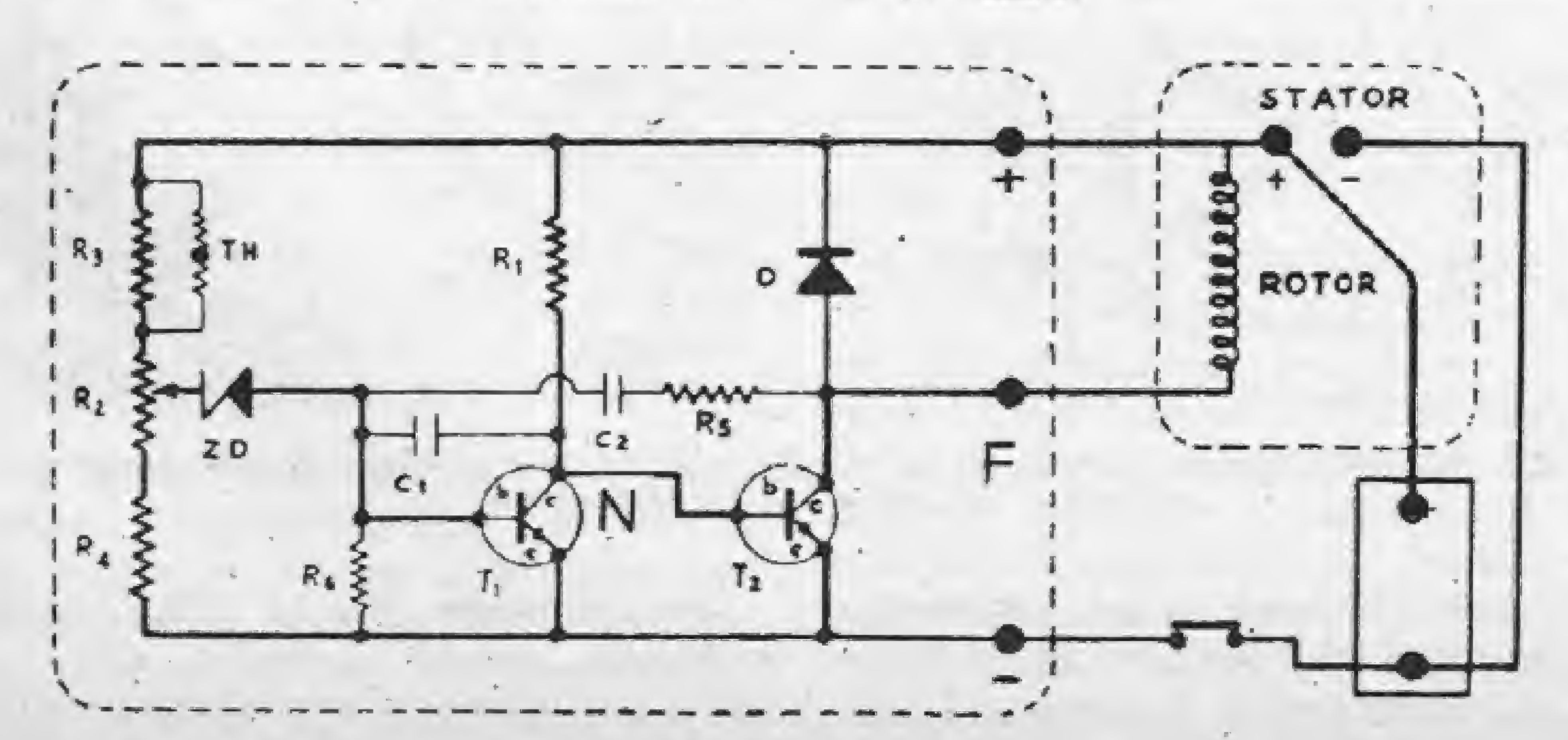


Fig. 113. Regulador Lucas con 2 transistores. T1 piloto, T2 de poder. ZD es el diodo Zener, cerebro de esta instalación.

emisor (E). Desde luego, esto no difiere del funcionamiento de los transistores p-n-p (que son los usados generalmente) sino que en los del tipo n-p-n la corriente principal pasa en el sentido del colector emisor y que la corriente de base circula de la base al emisor. Recordemos esto para interpretar debidamente el funcionamiento de este regulador.

En el esquema debemos distinguir 4 circuitos, que cumplen las siguientes funciones:

1) El circuito del rotor, FT_2, que actúa como una válvula que no deja pasar la corriente por el colector (C) si previamente no pasa por (B) y (C).

2) El circuito de mando valvular (o sea, de un solo sentido) comprendido por $+ R_1 T_1 -$ (se indican los signos + y − de las conexiones del regulador); por este circuito no puede pasar la corriente a menos que pase entre (B) y (E), de la base del transistor T_1.

3) El circuito potenciométrico, $+ R_3 R_2 R_4 -$. El resistor R_3 tiene en paralelo el termistor TH; R_2 es un potenciómetro que permite graduar la tensión apropiada al diodo Zener, ZD, fijando así su voltaje de ruptura.

4) El circuito de seguridad, formado por: $+ R_3 R_2$ ZD T_1, que cumplen finalidades que evitan deterioros de los componentes.

Las partes del regulador donde se cumplen los efectos fundamentales se han dibujado con trazo grueso, para destacarlas de las de efectos secundarios.

Veamos ahora cómo funciona este regulador electrónico.

A poca velocidad el alternador, la corriente que parte del polo +, no puede pasar por el transistor T_1, pasando por R_1, porque el diodo Zener, ZD, no recibe la tensión de rotura suficiente y por consiguiente no aplica a la base (B) de T_1 ninguna tensión. En cambio la corriente que pasa a través de R_1 también se aplica a la base (B) de T_2 y por consiguiente a través de $F T_2 -$, que constituye el circuito de excitación; la bobina del rotor recibe corriente y la tensión en el estator puede alcanzar el valor necesario para la carga de la batería.

Si la velocidad aumenta, la tensión entre los extremos del conjunto de las tres resistencias, R_1 R_2 R_3, aumenta también y cuando la tensión en el potenciómetro R_2 ha alcanzado un valor adecuado como tensión crítica del diodo Zener, ZD, entonces pasa la corriente a través de ZD y se aplica a la base (B) del transistor T_1. En tales condiciones la corriente que pasando por R_1 llega al nudo de corriente, N, pasa ahora a través del transistor T_1, disminuyendo la corriente que se aplicaba a la base de T_2, de donde resulta que la corriente que sale de T_2 disminuye, cuya consecuencia es debilitar la corriente del rotor y, por consiguiente, la tensión producida por el alternador.

Al disminuir la velocidad baja la tensión entre los bornes + y − del estator y, por consiguiente, en las respectivas entradas del regulador. Al haber menos tensión en los extremos del conjunto potenciométrico $R_2 R_3 R_4$, resulta que el diodo Zener, ZD, cuando recibe un valor de tensión inferior al de su punto de rotura, deja de funcionar y la base (b) de T_1 deja de ser alimentada, dejando este transistor de funcionar. Desde ese instante la corriente que pasa por R_1, al llegar al nudo de corrientes N, se dirige ahora a la base de T_2, aumenta la intensidad que pasa por este transistor y, por lo tanto, por la bobina del rotor: aumentando la excitación del alternador, en el estator se produce un incremento de tensión que, si llega a alcanzar un valor suficiente se reproducen los efectos ya descritos, cuando el valor de la tensión hace funcionar nuevamente el Zener.

Bien vemos que el diodo Zener es el que comanda este regulador electrónico haciendo que la corriente de excitación del rotor varíe continuamente, consiguiendo que el valor medio de la tensión producida por el alternador permanezca en un valor prefijado, que se obtiene con el ajuste del contacto

del potenciómetro R_2 y seleccionando un diodo Zener apropiado.

Comentemos brevemente la función de los otros elementos que figuran en el esquema de la figura 113.

El transistor de poder, T_2, es necesario que trabaje a plena carga o que interrumpa su funcionamiento porque si se mantuviese funcionando en forma permanente se calentaría demasiado. Estos dos límites de funcionamiento se consiguen con la resistencia R_5, el capacitor C_2 y el funcionamiento de T_1; al disminuir la corriente de T_2 se acelera un paso de corriente por el transistor T_1 y se corta el de T_2 totalmente.

Las interrupciones bruscas de la corriente del rotor originan fuertes corrientes de autoinducción que podrían estropear los transistores. El diodo, D, cumple esta finalidad, conectado en los bornes + y F del rotor. Si la tensión en F es inferior al borne +, se opone al paso de la corriente de + a F, pero, si es superior, el diodo D deja pasar la extracorriente y los transistores no se perjudican; además los cortes de la corriente del rotor no son bruscos, sino atenuados.

Las interferencias que podrían producir al receptor de radio los cortes de corriente bruscos son eliminadas por medio del capacitor C_1.

Si el diodo Zener adquiere una temperatura importante, puede producirse una corriente de fuga a su través aun cuando no esté en funcionamiento; la resistencia R_6 ofrece un paso de descarga que si no existiese pasaría por la base de T_1, alterando su funcionamiento normal.

Para establecer una compensación térmica de la regulación se emplea un termistor, TH, en paralelo con la resistencia R_3. La resistencia de TH aumenta cuando disminuye la temperatura y viceversa, equilibrando así el valor de las variaciones que podrían producirse en la distribución de las tensiones en el conjunto potenciométrico $R_3 R_2 R_4$, que son las que mandan el funcionamiento del Zener.

Regulador Delco-Remy a transistores

El esquema general de este regulador se representa en la figura 114, viéndose de inmediato su semejanza

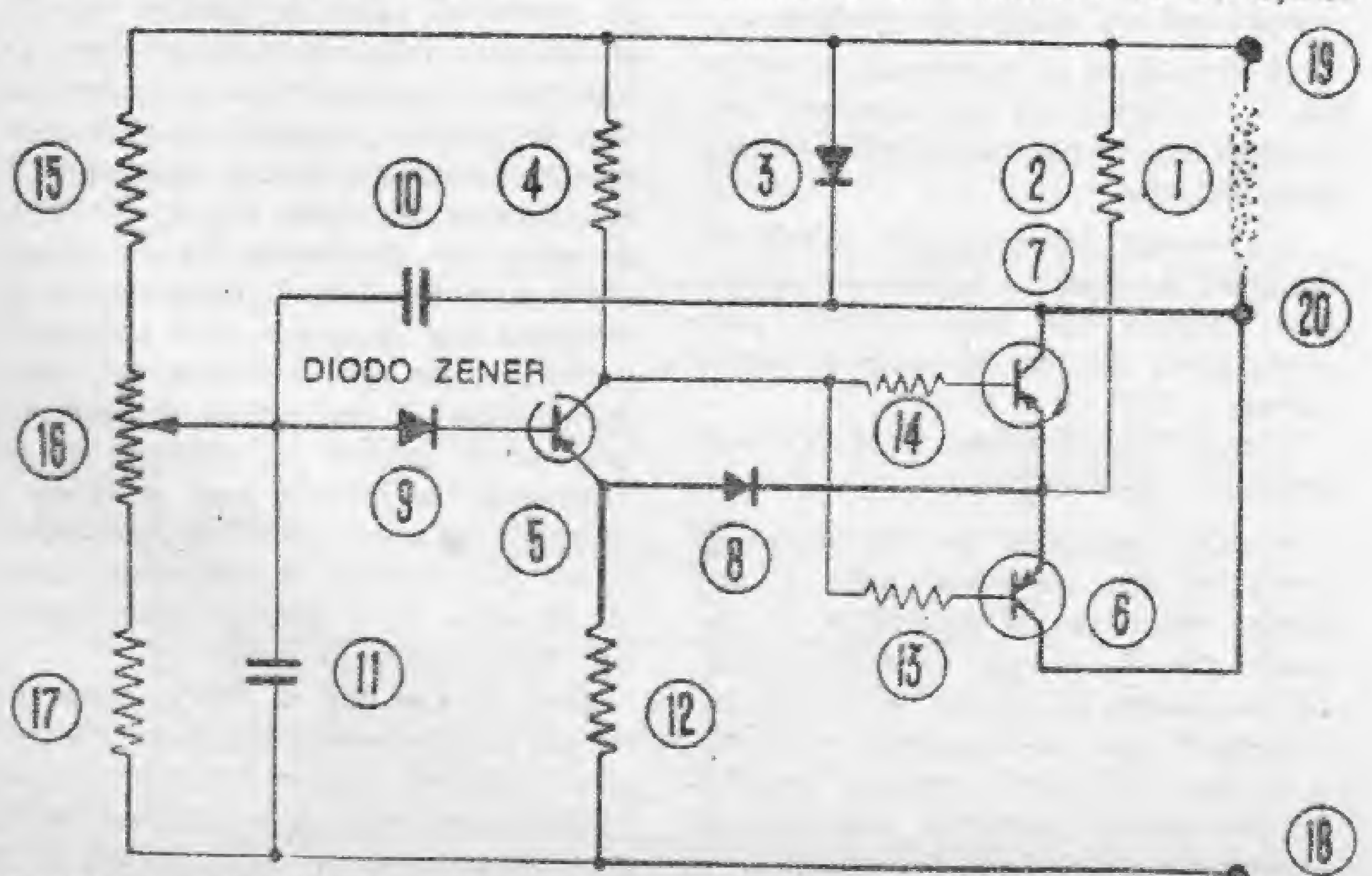


Fig. 114. Regulador Delco-Remy a transistores: (1) es el motor del alternador; (2) resistor. (3) diodo rectificador; (4) resistor; (5) transistor piloto; (6 y 7) transistores de poder; (8) diodo protector; (9) diodo Zener; (10 y 11) capacitor; (12) resistor; (13 y 14) resistor de base; (15, 16 y 17) potenciómetro

con el anteriormente descrito, lo que nos permitirá abreviar las explicaciones, por su similitud.

En primer término observamos que los transistores empleados son del tipo p-n-p, lo cual se indica con las flechas que señalan hacia la base, desde el emisor al colector. Vemos también que este regulador está proyectado para funcionar con 2 transistores de poder, interconectados de manera que las corrientes de salida se suman; se prevé el caso de no necesitarse tanta potencia de salida y entonces sólo se emplea un transistor de poder.

Teniendo en cuenta la inversión de polaridades (con respecto del esquema anterior) por el cambio del tipo de transistores, en vez del tipo N ahora del tipo P, es fácil ver la similitud de ambos esquemas y comprender el funcionamiento del regulador Delco-Remy.

El mando del Zener se efectúa cuando la tensión del potenciómetro alcanza el valor de ruptura, entrando entonces en funciones el transistor piloto por recibir en su base el impulso del Zener; cuando esto ocurre los dos transistores de poder son afectados, repercutiendo en la corriente de excitación (rotor), en la forma ya descrita.

Las partes principales del esquema referentes a los transistores, están representadas con línea gruesa, mientras que los accesorios están unidos por líneas finas. Los elementos adicionales, como ser, las dos resistencias de nivelación en las bases de los dos transistores de poder, el diodo de descarga entre los bornes del devanado del rotor y el diodo que une los emisores de los transistores, son elementos de seguridad y regulación, que cumplen efectos similares a los ya descritos.

CUARTA PARTE

REPARACION

Capítulo I

DESMONTAJE Y REVISION GENERAL

Cómo debe procederse

En los alternadores, Indiel (Lucas) y Prestolite, forman una unidad completa el regulador, el equipo rectificador y el dispositivo que conecta la salida de la corriente rectificada con la batería del coche. Por eso cuando se debe arreglar algún desperfecto en cualquier parte es necesario empezar por sacar el conjunto del alternador y luego proceder a su desmontaje, hecho lo cual se procede a arreglar la avería y luego se vuelven a montar todas las partes y, finalmente, el alternador en el coche. En este capítulo se describirán, paso a paso, estas distintas etapas. Describiremos, separadamente, el alternador Indiel y el alternador Prestolite. Hemos elegido estas dos marcas porque constituyen modelos similares a muchas otras y dominándolos bien, creo que no se tendrán inconvenientes en tratar otras clases de alternadores.

Desmontaje general

Efectuar las operaciones siguientes, siguiendo rigurosamente el mismo orden en que se enumeran:

ALTERNADOR "LUCAS"

1º Desconectar el cable que conecta la batería con masa.

2º Desconectar los tres cables situados detrás del alternador.

3º Sacar los tornillos que fijan el alternador en su soporte y al tensor y entonces, retirarlo del coche.

Hecho esto, se coloca el alternador sobre un banco de prueba para proceder a desmontarlo totalmente en sus diversas partes siguiendo este orden de operaciones:

a) Aflojar la tuerca que fija la polea, para lo cual conviene trabar el conjunto móvil del alternador.

b) Sacar entonces la tuerca, arandela grover, la chaveta guía de la polea, el ventilador y su separador.

c) Sacar los tornillos que unen los dos receptáculos de aluminio que sirven de armazón del alternador.

d) Separados ambos receptáculos, junto con el delantero saldrá el rotor y, con el receptáculo trasero el estator, las escobillas y las placas portadiodos.

e) Sacar, por la parte interior, los tres tornillos y la placa soporte del cojinete, quitándolo por la parte interior.

La construcción del alternador Indiel permite desmontar, junto con la parte delantera del armazón el rotor y el ventilador, sacándose los tornillos por el orificio que hay en el ventilador destinado a poder reemplazar, o probar, los diodos, reemplazar las escobillas, comprobar el devanado del estator, etc.

Hemos desmontado el alternador en todas sus partes, procediendo ahora al desmontaje del estator y del portaescobillas. Estamos trabajando solamente con el alternador, sin tocar el regulador, lo cual veremos en otro capítulo especial.

Desmontaje del estator. Se empieza por quitar los tornillos de fijación de las placas que contienen los portadiodos para poderlas separar de la tapa; hecho esto se saca la tuerca exterior del terminal positivo.

Proceder ahora a desconectar todo el conjunto de la placa portadiodos del estator, siguiendo este orden, con las precauciones que luego se indican:

Desoldar los cables de unión de los diodos de las tres fases.

Los diodos no deben recalentarse al aplicarles el soldador para desoldar las conexiones, pues una temperatura superior a unos ochenta grados los destruye. Esta operación de desoldar debe efectuarse con un soldador pequeño, procediendo no sólo rápidamente sino que, además, deben sostenerse los terminales con una pinza larga para que con su contacto, frío, absorba pronto el calor, evitando que llegue a los diodos.

Desmontaje de las escobillas. Se empieza por sacar la tuerca del terminal positivo, con las arandelas y la chapa de identificación. Luego se sacan los tornillos de fijación del portaescobillas, correspondiente al terminal del rotor (campo) procediendo entonces a sacar todo el portaescobillas, junto con la escobilla positiva.

Prestar atención al sacar el terminal positivo del "campo". Se verá que queda a la vista el tornillo que fija la escobilla negativa; sacando este tornillo se puede entonces sacar dicha escobilla.

ALTERNADOR "PRESTOLITE"

El desarmado es similar al descrito anteriormente. Lo que varía en algunos detalles es el desmontaje del estator y de las escobillas, que se efectúa de la siguiente forma:

Desmontaje del estator. Primero debe procederse a desoldar las conexiones de las tres fases con los diodos, lo cual debe realizarse siguiendo las mismas normas y precauciones indicadas anteriormente. Hecho esto, se saca la placa portadiodos positiva, lo cual se consigue sacando los tornillos de fijación que la tienen unida al cuerpo del alternador.

Los diodos se identifican fácilmente, pues están marcados según el código internacional de colores empleado en electrotécnica: positivo con rojo y negativo con negro.

Desmontaje de las escobillas. Debe procederse siguiendo este orden de operaciones.

a) La escobilla positiva (roja) debe extraerse desde atrás de la tapa posterior; juntamente, debe sacarse el terminal "campo".

b) La escobilla negativa (negra) también debe sacarse, pero, previamente, es necesario desoldarla de su conexión a masa, para lo cual es necesario seguir las normas y precauciones ya indicadas.

c) La escobilla positiva (roja) colocada a presión en la tapa posterior, debe extraerse desde atrás de dicha tapa; a la vez, debe sacarse el terminal "campo".

Inspección y limpieza del alternador

Teniendo el alternador desarmado, debe procederse a revisar todas sus partes y hacer una cuidadosa limpieza utilizando un trapo bien limpio y un excelente solvente. Las comprobaciones deben realizarse con un "Comprobador", consistente en una lámpara de prueba montada en un portalámparas y los dos cables, flexibles, de unos 50 cm cada uno, terminados en un cocodrilo un extremo, y el otro, con la punta desnuda. De esta manera, utilizando la batería, se pueden hacer pruebas de continuidad de los circuitos para comprobar si un devanado

está abierto. (cortado el devanado); si hay un contacto entre espiras contiguas (cortocircuito interno); o si, por destrucción del aislamiento, algunas espiras hacen contacto con el núcleo (contacto a masa). Las pruebas de contacto a masa deben realizarse utilizando la tensión de la línea 220 V (ó 110 V) con una lámpara adecuada.

Es conveniente realizar el trabajo de verificación en forma sistemática, pudiéndose seguir el siguiente orden:

1) Comprobación de las tres fases. La prueba se realiza utilizando la batería, tocando con una punta del probador uno de los extremos de las fases y con el otro extremo del probador, uno a uno, los cabos de las otras fases. Si los devanados están en buenas condiciones la lámpara testigo debe encenderse, de lo contrario, el devanado de la fase que falla está roto.

2) Comprobación de contacto a masa. Puede emplearse la corriente de la línea, procediendo como indica la figura 115. Se confirma si la lámpara se enciende cuando se hace contacto con masa una punta del probador y con la otra punta del probador con el cabo de cada fase. Si el bobinado está bien, la lámpara no debe encenderse.

3) Revisar los cojinetes que sostienen el rotor; observar si giran libremente, si están bien lubricados, etc. Cualquier falla que se observase aconseja cambiarlos.

4) Observar si los anillos montados sobre el eje del rotor, conectados a su bobinado, si están bien lisos y perfectamente centrados. Si es posible verificarlo con un instrumento controlador de la excentricidad: cualquier defecto produce resaltes de las escobillas debido a las altas velocidades que adquiere el rotor en los alternadores lo cual produce chispeo que gasta las escobillas y deteriora la superficie de los anillos. Siempre es conveniente repasar los anillos, dejándolos bien lisos y pulidos, para lo cual debe emplearse solamente la denominada lija al agua de grano muy fino.

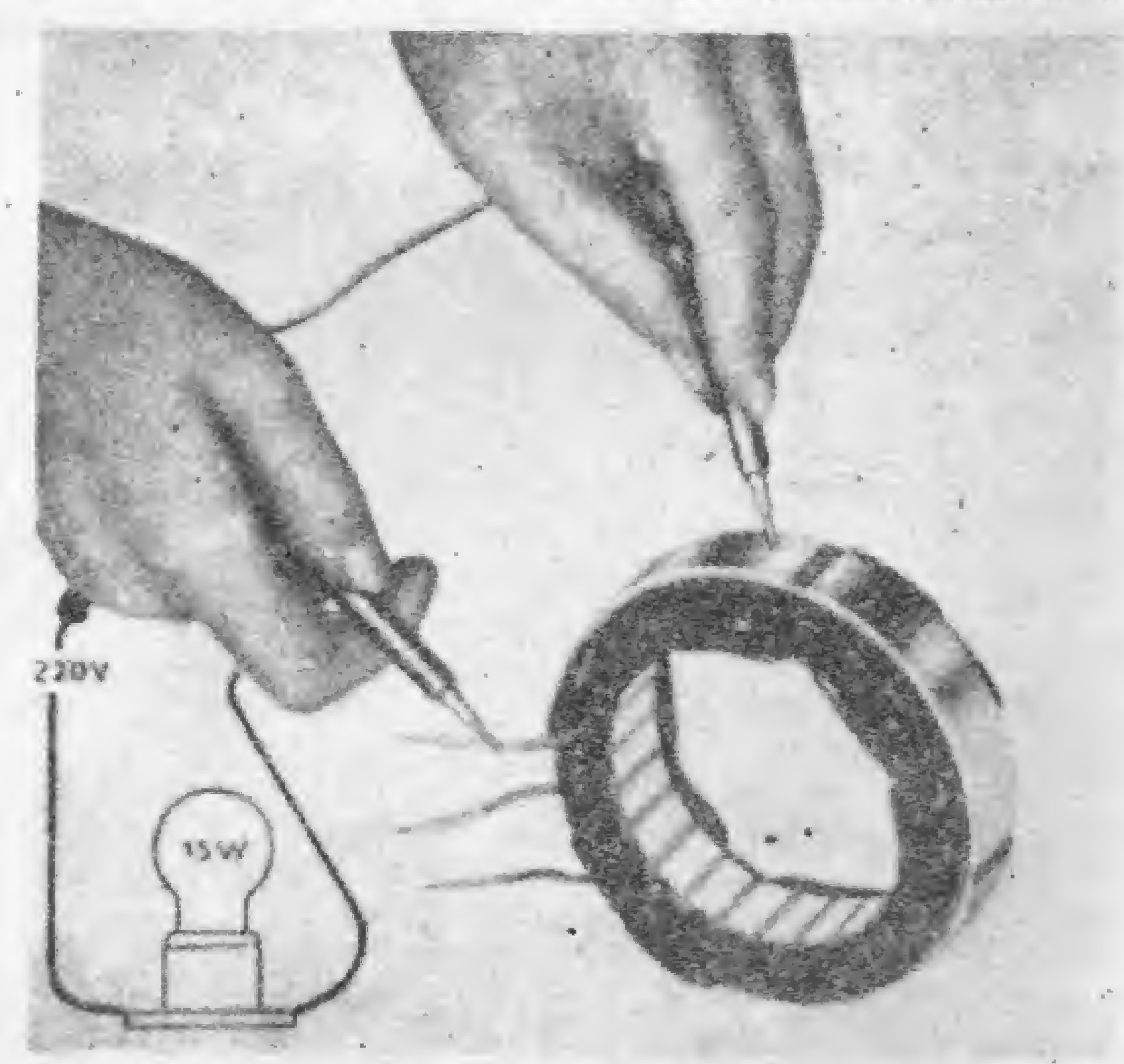


Fig. 115. Comprobación del "contacto a masa" de los devanados del estator de un alternador Lundell. Al hacer contacto con las tres fases, sucesivamente, y la masa, la lámpara no debe encenderse.

5) Comprobar el bobinado del rotor mediante la lámpara de pruebas. Para ello aplicar las puntas a los dos anillos, cerrando así el circuito del bobinado: la lámpara debe encenderse si hay continuidad, si no se enciende, es que en algún punto el alambre está roto, en cuyo caso la bobina del rotor debe ser reemplazada.

6) Verificar ahora si la bobina del rotor hace contacto a masa. Lo sabremos utilizando nuestro probador, haciendo contacto con una de sus puntas en el eje del rotor y con la otra punta en uno de los anillos: la lámpara no debe encenderse, si tal cosa ocurriese es que hay una derivación a masa, en cuyo caso la bobina debe cambiarse. La figura 116 indica el procedimiento.

Para comprobar en cuál de estos estados está se realiza el montaje indicado en la figura 117, consistente en una batería de 12 V, una lámpara testigo, una punta de prueba y una pinza para aprisionar el diodo. Téngase muy presente que la pinza se conecta al polo positivo cuando se prueban diodos negativos y al polo negativo de la batería al comprobar un diodo positivo. Al primer montaje lo denominaremos A y al segundo B.

Diodos negativos. Se realiza el montaje A con la pinza conectada al polo positivo y el negativo a la punta de prueba. Deben observarse los efectos siguientes:

a) Si la lámpara de prueba se enciende, el diodo puede estar en buen estado.

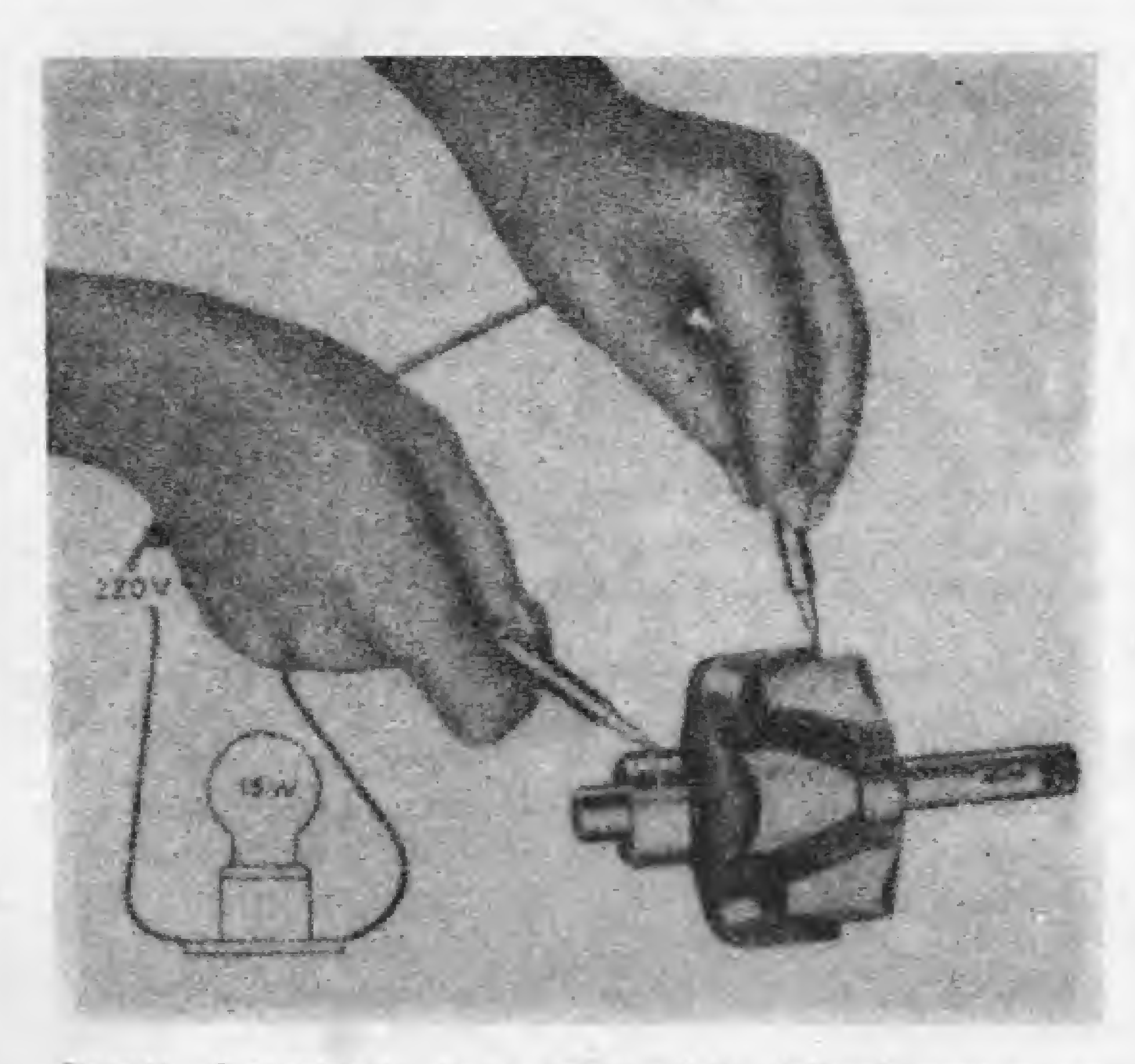


Fig. 116. Comprobación de un rotor Lundell. Haciendo contacto con la masa y, a la vez, con cada uno de los anillos, la lámpara no debe encenderse.

Comprobación de los diodos

Los rectificadores diodos, positivos o negativos, pueden estar en una de las tres condiciones siguientes: a) bueno; b) abierto; c) en cortocircuito.

b) Si no se enciende, el diodo está abierto.

c) Si con el montaje B (inversión de polaridades de la batería) la lámpara no se enciende, confirma el buen estado del diodo.

d) Si la lámpara no se enciende ni en A ni en B, el rectificador está abierto.

e) Si la lámpara se enciende en A y en B, el diodo está en cortocircuito.

cas portadiodos, que constituye un contacto común de los diodos en ellas instaladas; por lo tanto, el contacto correspondiente del probador se conectará al armazón.

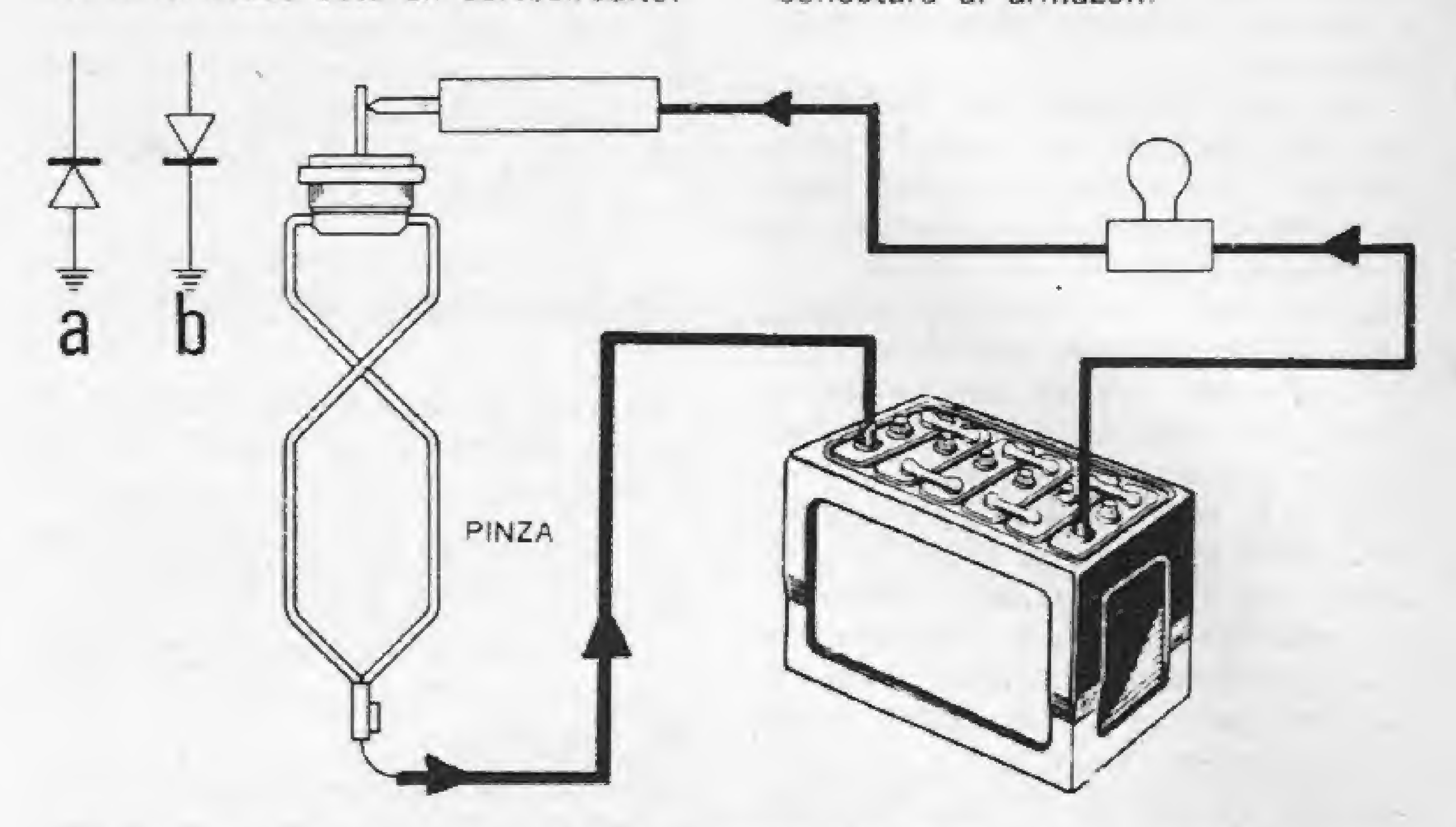


Fig. 117. Prueba de los diodos. Esta figura representa la prueba "A", indicada en la primera figurita de la izquierda.

Diodos positivos. Se conectan los elementos según el montaje B que es similar al A, pero con las conexiones invertidas: de la batería en la pinza (ahora positiva) y en la punta de prueba el negativo. Los resultados son:

a) La lámpara debe encenderse si el diodo es bueno.

b) Si no se enciende el diodo está abierto.

c) Si con el montaje A (conexiones invertidas) no se enciende la lámpara, confirma que el diodo está bien.

d) Si la lámpara no se enciende ni con los montajes A y B es señal de que el diodo está abierto.

e) Si la lámpara se enciende siempre, en A y B, el diodo está cortocircuitado.

Un diodo, cuando está abierto o en cortocircuito, debe reemplazarse por otro bueno. Una vez desconectados del estator, los rectificadores pueden probarse sin desmontarlos de las pla-

Los diodos deben tratarse con sumo cuidado, no golpeándolos ni dejarlos en lugares de temperatura elevada.

Montaje del alternador

Una vez revisados todos los elementos y sustituidos los que pudieran haberse encontrado defectuosos, se procede al montaje general del alternador, para lo cual es conveniente seguir el siguiente orden.

ALTERNADOR "PRESTOLITE"

Colocación de las escobillas. En el alternador Prestolite hay que instalar la escobilla positiva, que es aislada, después de colocar el terminal "campo", a presión en la tapa posterior; luego se pone el resorte y la escobilla en su portaescobillas, fijándola con un trozo de hilo que pase por el agujero que a ese fin hay en la tapa, colocado debajo del borne "campo", anudándolo exteriormente. Hay que colocar la escobilla de esta manera si no

interferiría con los anillos del rotor. Hecho esto, soldar a masa el cable de conexión de la escobilla, pasándola por debajo del portaescobillas, colocándola entonces, junto con el resorte, en la cavidad correspondiente del portaescobillas.

Una vez colocadas las escobillas hay que conectar los diodos rectificadores a las correspondientes fases del estator, debiéndose efectuar las soldaduras siguiendo las mismas normas ya indicadas para desoldarlos. Debe emplearse una soldadura especial, de acción rápida, para evitar la propagación del calor a los diodos, que los perjudica e inutiliza.

Verificar si la placa portadiodos positiva está bien aislada antes de proseguir con el montaje del alternador. No debe encenderse la lámpara del probador haciendo contacto con el terminal positivo por una parte y con la tapa con el otro polo.

Ahora, colocar en la tapa delantera el correspondiente cojinete y fijarlo mediante los tornillos. Finalmente, sacar ahora los hilos que tenían sujetas las escobillas para que se apoyen sobre los anillos.

ALTERNADOR "INDIEL"

En este alternador para hacer las soldaduras de los diodos a las tres fases del estator en las dos placas portadiodos de la tapa trasera, éstas deben mantenerse desmontadas para hacer esta operación. Cuando se han efectuado las soldaduras, entonces debe procederse a colocar las dos placas portadiodos en la tapa, teniendo especial cuidado en la colocación de las arandelas aislantes para que la tapa y su conjunto queden bien aislados del resto del alternador.

Colocar las escobillas por la parte trasera apretando el tornillo de fijación de la escobilla negativa; poner luego el terminal "campo" y apretar toda la tornillería. Una vez instalado el rotor, ver si gira libremente, a mano, sin que se noten roces, etc., que sean perjudiciales.

Instalación del alternador

Antes de proceder a colocar el alternador en el coche es indispensable seguir una serie de operaciones de rutina para asegurar que su funcionamiento sea perfecto y se evite el deterioro de elementos del equipo electrónico. Proceder sistemáticamente en el siguiente orden:

1) Desconectar el terminal tierra de la batería antes de comenzar la colocación.

2) Verificar que la polaridad de masa del alternador corresponde al de la batería.

3) Asegurarse que existe suficiente recorrido para el ajuste de correa.

4) Es esencial una alineación exacta entre la polea del motor y la polea del alternador.

5) El cable de conexión entre el alternador y la batería debe ser lo más corto posible.

6) La relación polea motor debe ser tal que se obtenga la máxima potencia de salida a velocidad lenta y sin exceder la velocidad de 12,500 rpm cuando el motor desarrolla su velocidad máxima.

La característica autorregulante de un alternador da como resultado que su salida de corriente esté limitada a una capacidad máxima prefijada: resulta por lo tanto innecesario añadir un sistema limitador de corriente, tal como el que normalmente requiere la dínamo. Además, la característica irreversible de los rectificadores (diodos) evita que la batería se descargue a través de los bobinados del alternador cuando éste no está funcionando o lo está haciendo muy lentamente, de manera que un disyuntor también resulta innecesario. Consecuentemente la única forma de control necesaria es aquella que mantenga la tensión terminal del alternador a un valor sustancialmente constante y predeterminado.

Capítulo II

AJUSTE DEL REGULADOR DE CARGA

Unidades que lo componen

El denominado regulador de carga cumple dos finalidades: a) regulador de tensión; b) interruptor.

El *regulador de tensión* funciona según sea la velocidad del alternador, manteniendo la tensión que se aplica a la batería dentro de límites determinados.

El *interruptor*, denominado también relé, impide que se establezca circuito entre la batería y el alternador si, por error, se conectase con la polaridad equivocada, al revés. Si tal sucediese, se estropearían los diodos del alternador.

Antes de describir estas dos unidades, por separado, desde el punto de vista de su regulación y ajuste, daremos las normas generales en que deben efectuarse las operaciones, teniendo muy en cuenta que son verdaderos instrumentos de precisión, sumamente delicados. Sólo deben realizar estas operaciones de ajuste personas especializadas que efectuarán el trabajo con sumo cuidado y evitando errores. Antes de proceder a una operación de regulación seguir las normas siguientes:

1) Cuando el regulador está conectado en el coche no desplazar, a mano, los contactos moviendo el vibrador.

2) Hasta que el regulador tenga la temperatura normal de funcionamiento, no efectuar ninguna medición.

3) Revisar las conexiones y hacer las mediciones cuando las tapas estén bien ajustadas y cerradas.

4) Revisar que la conexión a masa esté bien de polaridad, limpia y ajustada fuertemente.

5) Que el regulador esté bien fijado en su base. Si se trata de un regulador indiel, observar si los amortiguadores de goma están en buenas condiciones.

6) Después de esta inspección general, antes de efectuar ninguna operación desconectar de masa el cable de la batería. Esto es indispensable, evitando con ello cortocircuitos al aplicar alguna herramienta.

REGULACION MECANICA

Ajuste del regulador de tensión

El conjunto del regulador de carga debe sacarse del coche para realizar estos ajustes, empezando, ante todo, por desconectar la batería de su conexión a masa. Antes de proceder, una vez colocado en el banco de trabajo el conjunto del regulador, conviene hacer una inspección visual, observando el estado de los devanados, contactos, resistores, etc., para lo cual deberá empezar por sacar la tapa del regulador.

a) Si los devanados estuviesen recalentados, que el aislamiento está

visiblemente requemado, aislamiento deteriorado, etcétera, así como los resistores tuviesen una temperatura elevada, es necesario cambiar los elementos que presenten estos síntomas o defectos.

b) Estos reguladores pierden su ajuste debido a que los contactos se estropean por el uso continuado de interrupción. Deben presentar dos superficies bien planas y paralelas entre sí, libres de hoyos o picaduras, y, además, que la distancia de separación sea la correcta. Si estas condiciones se cumplen hay una perfecta unión de los dos contactos y la corriente pasa en las mejores condiciones.

c) Si la superficie de los contactos debe arreglarse se usará únicamente una lima especial, denominada lima para platinos, y, bajo ningún concepto, emplear nunca papel esmeril, lija, etcétera. Después de ajustados los contactos, limpiarlos, haciendo pasar una cinta entre ellos, empapada de un buen disolvente para sacar toda rastra de limaduras y grasitud.

Las explicaciones anteriores son generales, detallando ahora las referentes a los alternadores Prestolite e Indiel (Lucas).

Controles en el regulador Prestolite

Ajuste de los contactos de la armadura. Comprobar la separación, entre la placa móvil y el núcleo del regulador, por medio de una lámina calibrada de 35 milésimas de pulgada (0,035"), o sea casi 0,9 mm. Realizar este ajuste con el resorte colocado. La lámina calibrada debe pasar suavemente, pero tocando las dos superficies enfrentadas; caso de no ser así, hay que destornillar, muy suavemente, el tornillo que fija la placa que tiene los contactos; hecho esto, desplazarla para que la armadura se adapte a la distancia que corresponde al espesor de la lámina calibrada, apretando luego el tornillo que fija la armadura.

Ajuste de los contactos del regulador. La comprobación se efectúa por medio de una lámina calibrada que se coloca entre el contacto de la placa móvil y el contacto inferior: esta distancia debe ser de 11 milésimas de pulgada (0,011"), equivalentes a 0,28 mm, o sea casi 3 décimas de milímetro. Seguir las mismas instrucciones anteriores para realizar este ajuste, cuidando que las caras de todos los contactos estén bien alineadas.

Controles en el regulador Indiel

Ajuste de los contactos de la armadura. Las operaciones se realizan siguiendo las normas dadas anteriormente para el alternador Prestolite. La luz entre el núcleo del regulador y la placa móvil debe medirse con una lámina calibrada de 43 a 47 milésimas de pulgada (0,043" a 0,047") equivalentes a 1,1 mm y 1,2 mm. Caso de no corresponder esta distancia el ajuste se efectúa aflojando la contratuerca, lo cual permite desplazar el contacto móvil por medio del tornillo interior de regulación hasta obtener una correcta posición de la armadura, lo cual ocurre cuando la lámina calibrada se desliza suavemente entre el núcleo y la armadura. Una vez obtenido el ajuste, apretar la contratuerca.

Ajuste de los contactos del regulador. El método es el mismo ya descrito. La distancia entre los contactos debe ser de 35 a 39 milésimas de pulgada (0,035" a 0,039"), equivalentes a 0,9 mm y 1 mm, respectivamente. La lámina calibrada debe deslizarse suavemente entre el contacto exterior y el de la placa móvil.

Ajuste del relé de protección

Esta unidad, que junto con el regulador de tensión constituyen el de carga, protege los diodos, caso de conectarse la batería a masa con la

polaridad equivocada, por eso se lo denomina indistintamente relé de protección, o disyuntor.

Controles del relé de protección Prestolite

Ajuste de los contactos de la armadura. Para ver si entre el núcleo y la placa móvil hay un espacio de 0,025" (0,064 mm) se interpone entre los contactos una lámina calibrada de este espesor, a ver si pasa ligeramente apretada. Esta comprobación se hace con el resorte colocado. Caso de no coincidir la separación mencionada, es necesario doblar el brazo del contacto superior con una herramienta especial a este efecto, doblándolo hacia arriba o hacia abajo hasta obtener el ajuste adecuado.

Ajuste de los contactos del disyuntor. Ahora controlar si el espacio entre el contacto inferior y el de la placa móvil es de 0,020", o sea de medio milímetro. De no ser así, es necesario ajustarlo a este valor para lo cual es preciso doblar el brazo del contacto inferior, procediendo como en el caso anterior.

Controles del relé de protección Indiel

Ajuste de los contactos de la armadura. Comprobaremos si la separación entre el núcleo y la placa móvil tiene una separación comprendida entre 0,043" y 0,047" (1,1 mm y 1,2 mm) deslizando entre los contactos una lámina calibrada para cada distancia y observar si pasa ligeramente ajustada. Si no coinciden, y hay que ajustar la separación, entonces proceder así: aflojar la contratuerca pudiendo entonces ajustar la posición de la placa móvil, mediante el tornillo de regulación, mientras se sostiene con la otra mano la lámina calibrada de mínima distancia (0,43") entre los contactos. Una vez obtenido el ajuste adecuado, apretar la contratuerca para que el tornillo quede bien fijado.

Ajuste de los contactos del disyuntor. Para regular la distancia entre los contactos se emplea una lámina calibrada de 0,031" a 0,037" (0,8 mm a 0,95 mm) que se desliza entre los contactos, debiéndolo hacer con exactitud. De no ser así, hay que ajustar la distancia que separa el contacto de la placa móvil y el contacto fijo. El ajuste se realiza doblando con una herramienta adecuada el soporte que contiene el contacto fijo, hasta que el calibre se deslice bien.

REGULACION ELECTRICA

Ajuste eléctrico del regulador de tensión

Una vez efectuados los ajustes mecánicos descritos anteriormente, debe hacerse una prueba dinámica, comprobando con ella si el alternador, funcionando, genera la tensión correspondiente, haciéndose las correcciones necesarias en el regulador de tensión hasta conseguirlo. Estas pruebas deberían realizarse en un banco de prueba para disponer adecuadamente todos los elementos necesarios, pero, si no es posible, entonces no queda otro remedio que hacer las comprobaciones estando el alternador montado en el coche.

Para verificar el funcionamiento del regulador de tensión, y ajustarlo si fuese necesario, no debe sacarse la tapa ni romper el sello de garantía. Basta con observar atentamente si todo está en buenas condiciones o de lo contrario, si se ven cables que tienen destruido parcialmente el aislamiento, bornes flojos o deteriorados, terminales en mal estado, etcétera, que, en cada caso, debe ser cuidadosamente arreglado ya que estos desperfectos repercuten ocasionando efectos de resistencia eléctrica en el circuito alterando, por consiguiente, el ajuste del regulador en su conjunto.

Una vez puestos en condiciones los elementos del circuito exterior, entonces la siguiente etapa consiste en prestar la atención a la batería. Debe aprovecharse esta oportunidad para re-

visarla, limpiarla exteriormente y comprobar, cada elemento, que tenga una densidad de 1 250, lo cual se efectuará con el densímetro. Si la batería no estuviese bien cargada, debe procederse a ponerla en estas condiciones, empleando, entre tanto, otra batería que esté bien cargada. El estado de la batería es fundamental para hacer estos ajustes.

Instrumentos necesarios. Se necesitan dos instrumentos de medición, ambos para corriente continua: un amperímetro capaz de medir hasta 80 A y un voltímetro para medir hasta 20 V. Estos aparatos deben ser de alta calidad, del tipo de bobina móvil.

Disposición de los elementos. Háganse las conexiones siguientes: el amperímetro en serie entre el terminal positivo del alternador y el terminal "A" del regulador, estando el voltímetro conectado con su borne positivo al terminal "Bat" del regulador y el borne negativo a masa del regulador.

Realización de la prueba. Con el alternador en marcha por el motor térmico del coche se hace funcionar a éste a unas 1 500 rpm, lo cual hará que el alternador gire a unas 3 000 rpm que es la velocidad a la cual deben realizarse estas pruebas. Para que el regulador adquiera una temperatura de funcionamiento adecuada es necesario dejar funcionar el motor térmico alternador durante unos 15 a 20 minutos. Una vez transcurrido este tiempo entonces poner en funcionamiento diversos aparatos del coche (luces, radio, etcétera) de forma que se produzca un consumo de corriente entre 12 y 15 A.

Resultados de la prueba. Indicando el amperímetro un valor de intensidad entre 12 y 15 A, el voltímetro debe señalar los valores que se indican a continuación, teniendo en cuenta las temperaturas que reinan en el recinto donde está colocado el alternador y el regulador

Valores del voltímetro	Temperatura ambiente
13,9 V a 14,5 V	20° C
13,6 V a 14,3 V	40° C
13,5 V a 14,2 V	60° C
13,1 V a 13,85 V	80° C

Si no se obtuviesen estos valores hacer estos ajustes:

Regulador indiel. Hacer girar hacia la izquierda la excéntrica del regulador, lo que hará aumentar la tensión; haciéndola girar hacia la derecha, la tensión disminuirá.

Regulador Prestolite. Para hacer variar la tensión, doblar hacia abajo el soporte inferior del resorte si debe aumentarse la tensión, en cambio, si debe disminuirse entonces hay que doblar hacia arriba el soporte mencionado.

Comprobación final. Regular ahora el consumo de los implementos del coche de manera que sea de 3 a 5 A. Este aumento deberá producir en el voltímetro indicaciones comprendidas entre 0,1 a 0,7 V. De no obtener estos valores es porque el regulador de tensión o no está bien graduado mecánicamente, o es defectuoso. Verificarlo y proceder en consecuencia.

REGULADORES "DELCO-REMY"
Empleados en los alternadores "Delcotrón"

Consideraciones previas

Los alternadores "Delcotrón" y sus correspondientes reguladores se instalan en los coches americanos construidos por el grupo de fábricas denominado General Motors.

El regulador ya lo hemos descrito en el capítulo "Reguladores para Alternadores", siendo las explicaciones siguientes una continuación de lo ya manifestado (que es una descripción de esta clase de reguladores y su funcionamiento), ocupándonos, ahora, de cómo se averiguan sus averías y en qué forma se ajustan los tres controles básicos: a) *apertura de los*

contactos; b) *ajuste del entrehierro*; c) *calibrado de la tensión*.

Para facilitar el estudio que vamos a realizar, se vuelve a reproducir el conjunto de la instalación compuesta por el Delcotrón, el regulador y la batería (fig. 118). Según ya manifestamos, estos reguladores pueden tener dos o tres unidades, continuando nuestras explicaciones con el de tres unidades, siendo los de dos unidades iguales a los de tres, excepto que se suprime el circuito de la lámpara testigo.

Antes de proceder a una prueba con el "Delcotrón" debemos cerciorarnos de lo siguiente:

a) La polaridad a masa de la batería debe ser la misma que la polaridad a masa del "Delcotrón".

b) La polaridad del grupo de recarga debe ser el mismo que el de la batería.

c) El "Delcotrón" nunca debe funcionar a circuito abierto, siendo muy importante que todas las conexiones estén bien apretadas.

d) Nunca debe cortocircuitarse ningún terminal del "Delcotrón" ni del regulador.

e) El Delcotrón nunca debe polarizarse, o excitarse, como se hace con las dinamos.

Teniendo en cuenta estas consideraciones explicaremos primero las anomalías que puede haber en el funcionamiento y luego, cómo se realizan los tres ajustes básicos.

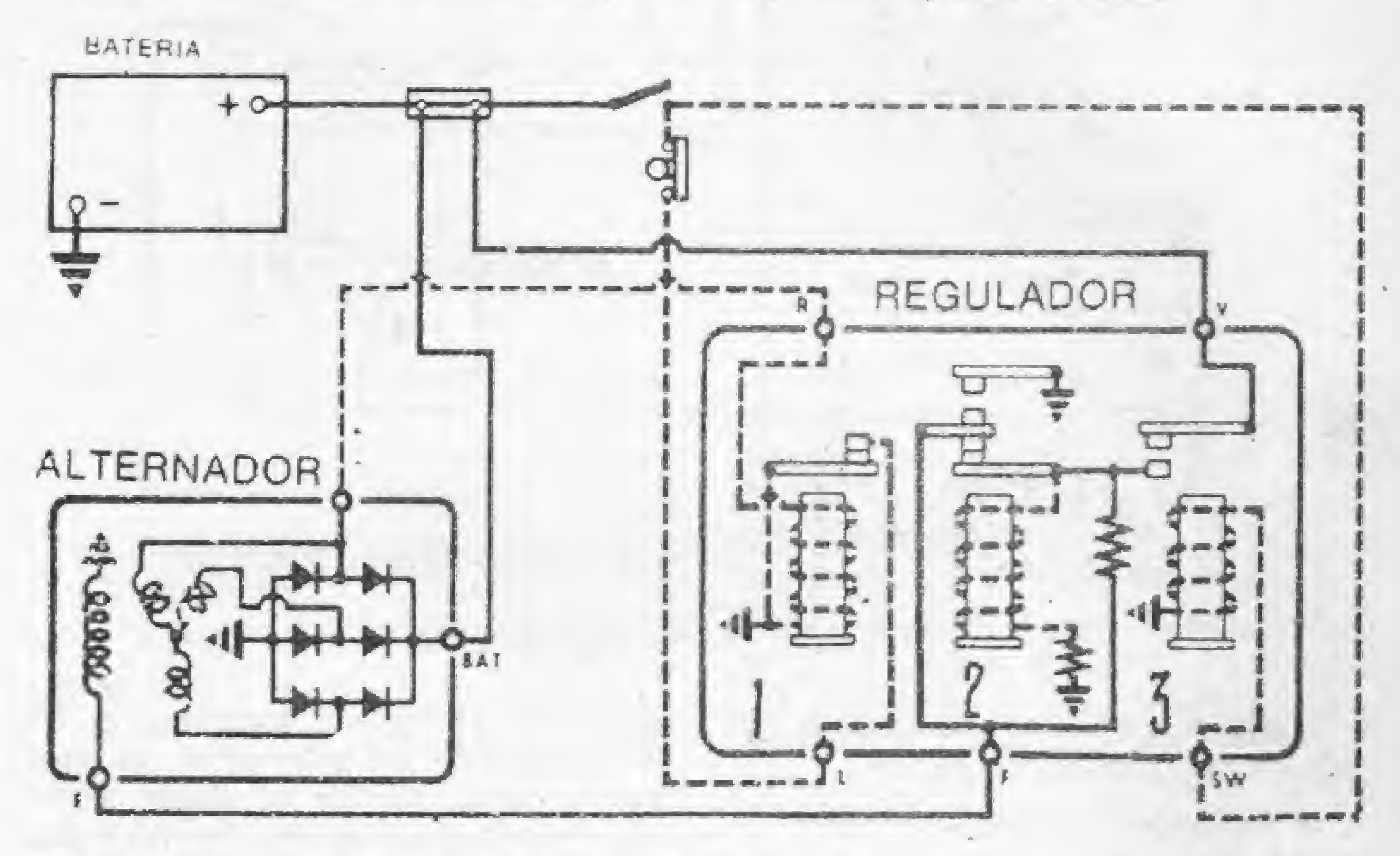


Fig. 118. Conjunto del regulador Delco-Remy y las interconexiones con el alternador Delcotrón el estator, trifásico, en estrella y el rotor representado por una bobina con el borne superior a masa. En el regulador. (1) relé de la lámpara testigo; (2) regulador de tensión; (3) interruptor de la bobina del rotor.

Circuito relé y lámpara testigo

Para comprobar este circuito se procede en la forma siguiente:

a) Sin poner en marcha el motor térmico del coche se cierra el interruptor. Si la lamparita testigo no se enciende, observar si no está quemado su filamento, o floja en el portalámparas.

b) Póngase el motor en marcha y así funciona el Delcotrón. Si la lamparita se enciende y continúa brillando, aun estando el motor funcionando a una velocidad moderada, medir la

tensión entre el terminal R (fig. 119) y la masa con el Delcotrón funcionando. Si la lectura es mayor que 5,2 V el relé (1) de la lámpara testigo está averiado y debe arreglarse. Si la lectura es inferior a 5,2 V la avería está en el complejo de toda la instalación.

tensión de la batería y, si no señala ninguna tensión, habrá que revisar el relé de campo, según veremos oportunamente.

Acerca del punto (4), resistencia externa excesiva, bastará controlar la tensión existente entre el borne aislado de la batería y el terminal de cam-

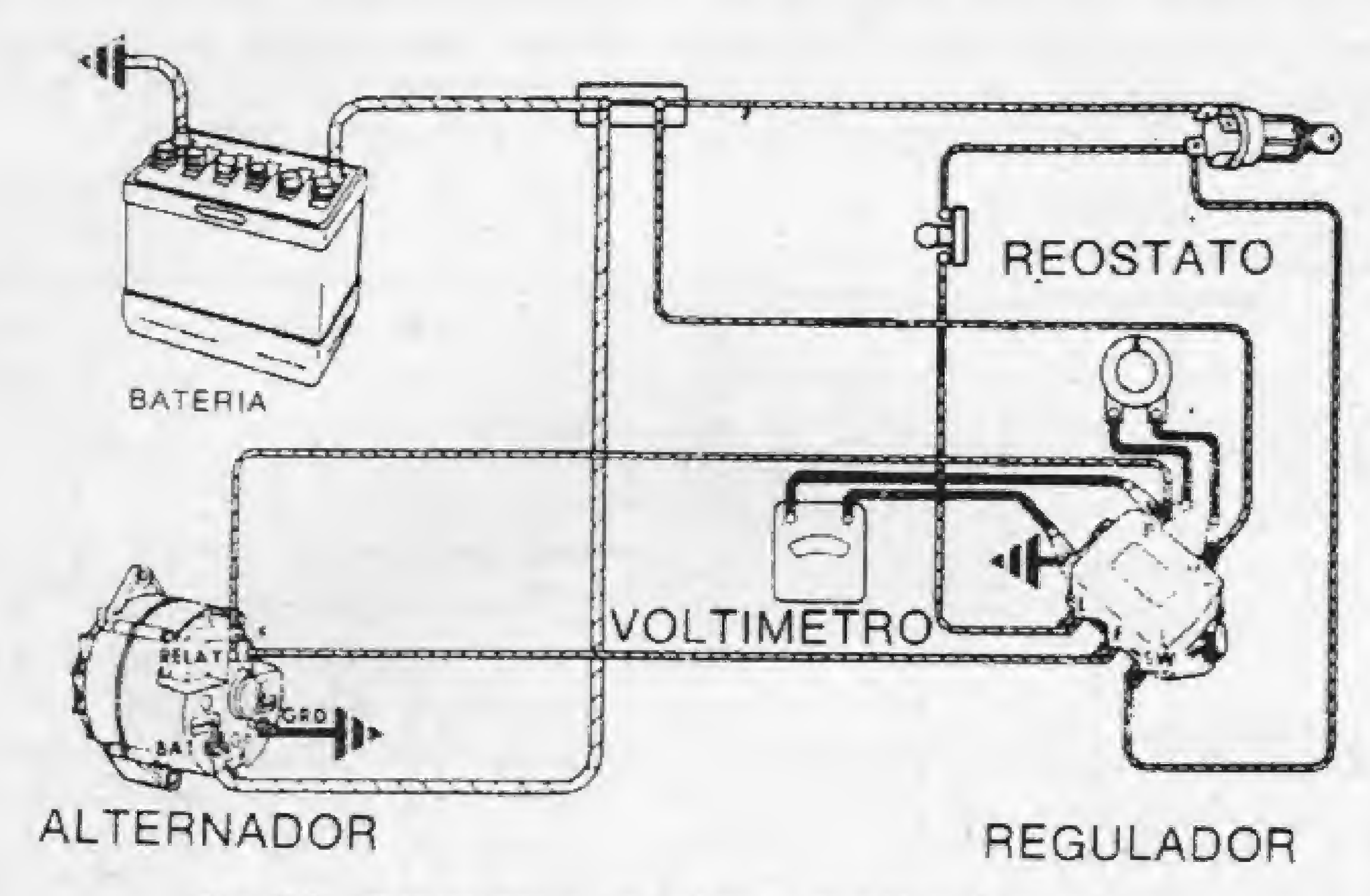


Fig. 119. Comprobación del circuito relé-lámpara testigo.

po F del Delcotrón, después de haber insertado el interruptor de ignición estando parado el motor térmico. Si la lectura excede en 0,3 V hay que revisar y apretar todas las conexiones; no obstante, si aún el voltímetro continúa a señalar más de 0,3 V, entonces, casi seguro que el bobinado de excitación (rotor) del Delcotrón está en cortocircuito o a masa.

Si el Delcotrón es defectuoso, hay que sacarlo del coche y probarlo en el banco de pruebas para controlar si entrega la cantidad de energía debida según los valores indicados por cada tipo de Delcotrón correspondiente.

Si no se encuentra ningún defecto en el circuito y no obstante la batería permanece descargada, o parcialmente cargada, el defecto radica en el regulador de tensión: luego veremos cómo debe procederse para aumentar el valor de la carga, que tal es el defecto que debe corregirse en este caso.

Esta avería puede ser producida por una de las causas siguientes:

1) La polea del Delcotrón está floja del eje.

2) La batería de acumuladores tiene algún defecto.

3) El relé del rotor (2) está averiado.

4) La resistencia del circuito es excesiva.

5) Es el Delcotrón el responsable de la avería.

6) El regulador de tensión tiene un ajuste bajo.

Respecto a los puntos 1) y 2) no insistiremos cómo debe procederse. En cambio, si la avería está en el relé de campo (rotor) se conecta el voltímetro entre el terminal F (Field, campo) del regulador y la masa (fig. 120). Se inserta el interruptor del encendido, pero sin poner en marcha el motor: el voltímetro debe medir la

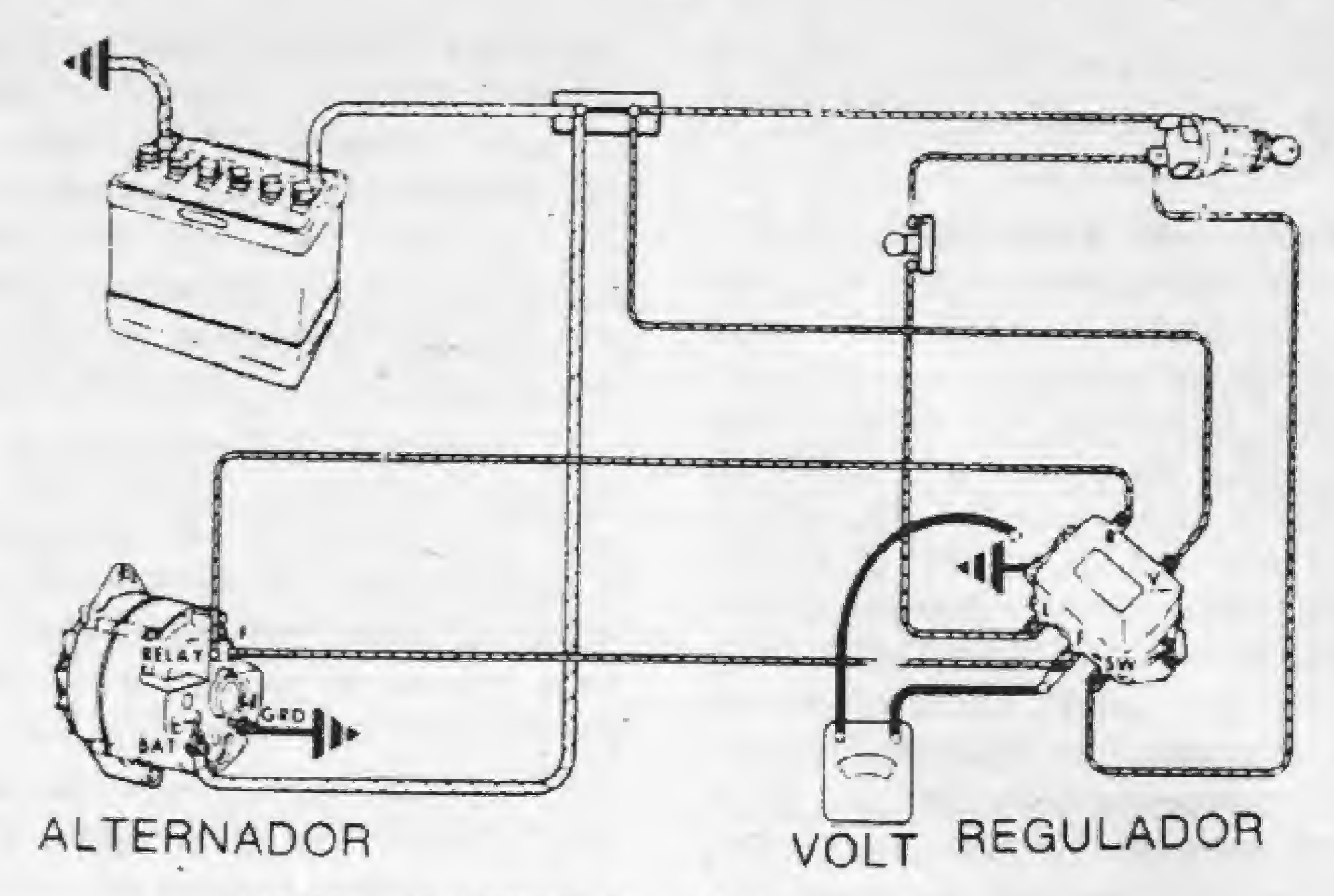


Fig. 120. Verificación del relé de campo del rotor

Batería sobrecargada

Esta anomalía puede ser provocada por alguna de las siguientes causas:

1) Un elemento de la batería está en cortocircuito.

2) Resistencia excesiva en el circuito.

3) Un registro demasiado elevado del regulador.

El caso 1) se dilucida revisando la batería. El caso 2) ya ha sido considerado anteriormente. Si, no obstante, la batería continúa sobrecargada, hay que intervenir el regulador, corrigiendo su graduación a más baja.

Conviene tener bien presente, respecto al punto 3), que el ajuste del registro del regulador para una determinada condición de funcionamiento puede no ser satisfactoria para otra condición: la temperatura del recinto del motor (donde está instalado el Delcotrón); la velocidad promedio del coche; el servicio nocturno del coche, son todos ellos factores que influyen para determinar el ajuste más apropiado del regulador: *la mejor graduación es la que mantiene la batería a plena carga con el mínimo consumo de agua destilada.*

Si no se encuentran defectos ni averías en todo el conjunto del grupo Delcotrón y Regulador, y circuitos asociados y, no obstante, la batería permanece escasamente cargada, entonces se aumenta en 0,3 V la graduación del regulador de tensión y se observa (después de un tiempo relativo) si la batería aumenta sus condiciones de carga. Si, por el contrario, se observa que la batería tiende a sobrecargarse, se rebajan los 0,3 V y se controla la batería después de un cierto tiempo y ver los resultados.

Pruebas y ajustes del regulador de carga. Consideraremos ahora dividido el regulador de carga en tres partes para así tratarlas con mayor amplitud cada una de ellas: 1) grupo regulador de tensión; 2) grupo relé de campo; 3) grupo relé lámpara testigo.

Grupo regulador de tensión

En los reguladores a tres contactos deben hacerse tres ajustes: a) separación de los contactos; b) entrehierro; c) calibrado de la tensión.

a) **Separación de los contactos.** Poco antes de abrirse, mientras aún están cerrados el par de contactos inferiores, medir la separación entre los contactos superiores: debe ser de 0,4 mm, de no ser así, corregirla ple-

gando la lámina que tiene el contacto superior, cuidando de no deformar la charnela.

b) **Ajuste del entrehierro.** La distancia de separación entre la placa móvil y el núcleo se ajusta por medio de una lámina calibrada mientras los contactos inferiores se tocan. Para ajustar esta distancia, que debe ser de 1,7 mm, aproximadamente, aflojar entre 1/8 a 1/4 de vuelta el tornillo de la plaqueta del portacontacto fijo, introduciendo un destornillador en la ranura y el aislante estampado: levantar el mango del destornillador para aumentar el entrehierro, o bajarlo para disminuirlo. Apretar nuevamente el tornillo que pasa por la ranura después de la regulación y controlar nuevamente el entrehierro.

Este método de regulación ya se ve que es sólo aproximado. Para que el entrehierro final sea bien ajustado es necesario obtener la diferencia, de la tensión, entre el funcionamiento de los contactos inferiores y el de los superiores: debe de estar comprendido entre 0,1 y 0,3 V.

c) **Ajuste de la tensión.** Ante todo, debe tenerse en cuenta que cuando se ajusta un regulador de tensión los resultados dependen mucho de la temperatura del aire. Cuando se menciona esta temperatura se refiere a la que tiene el aire a 5 mm de la tapa del regulador. Para regular la tensión dispondremos los elementos según indica esquemáticamente la figura 121, procediendo en la siguiente forma:

1) Conectar un amperímetro y un resistor de 0,25 Ω (25 W) en el circuito del Delcotrón. Si la batería está descargada, el resistor de 0,25 Ω limita la salida del alternador a casi 10 A, que es lo requerido en esta regulación.

2) Conectar un resistor variable de 25 Ω (25 W) en serie entre el bobinado de campo (rotor) del alternador y el terminal F (Field, campo) del regulador. Poner este resistor en su mínima resistencia.

3) Conectar un cable entre el terminal V del regulador y el terminal Bat del alternador.

4) Conectar un voltímetro entre el terminal V del regulador y masa.

5) Dejar funcionar durante 15 minutos a unas 1 500 rpm el motor térmico (correspondientes a unas 3 500 revoluciones del alternador). Mantener el regulador con la tapa para que se es-

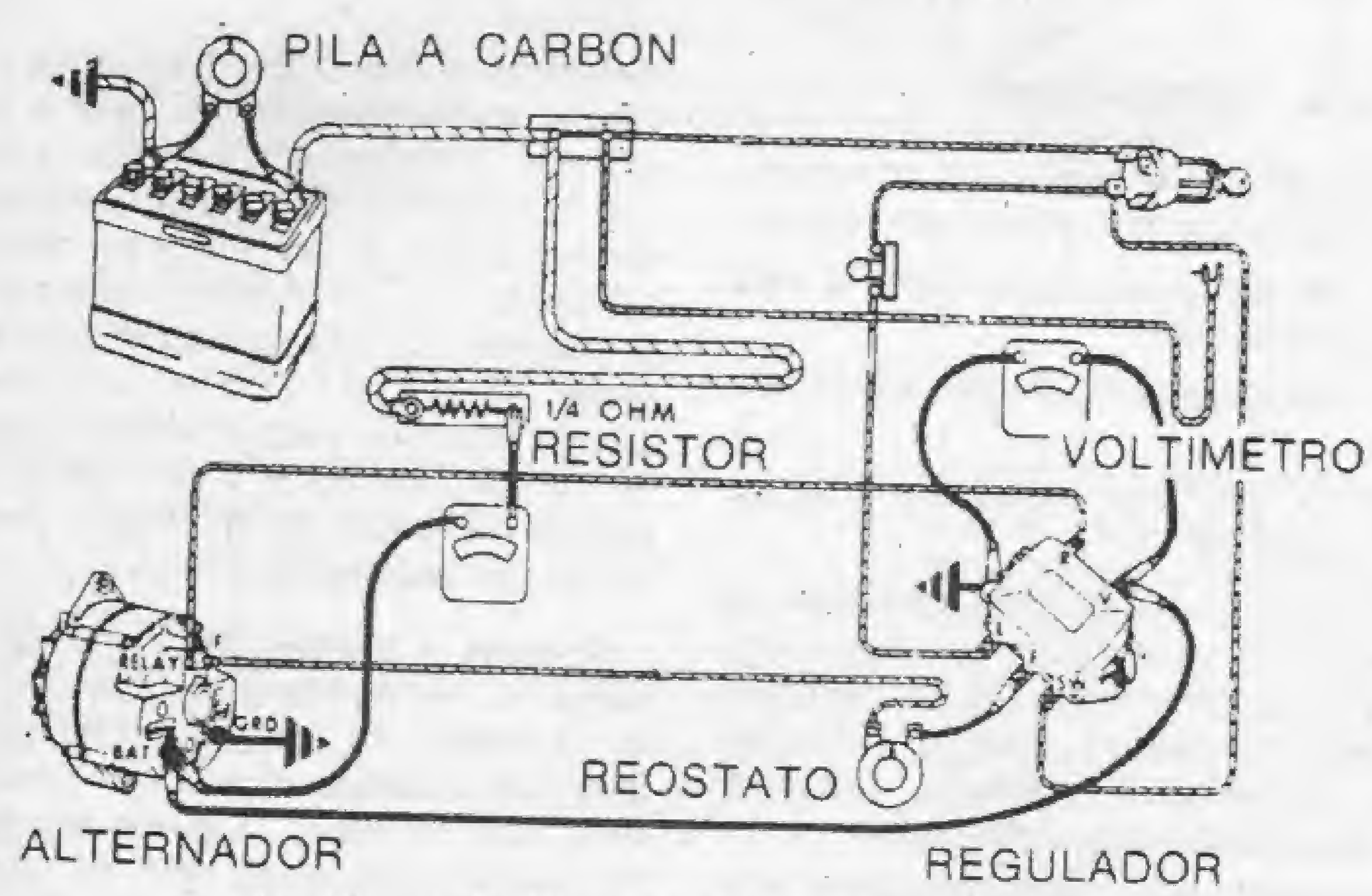


Fig. 121. Ajuste del voltaje del regulador de tensión.

tablezca la temperatura de régimen. Del alternador debe producirse alguna otra carga suplementaria.

6) Después que han transcurrido los 15 minutos:

a) Colocar el cursor del reóstato variable (sobre el circuito del rotor) en la posición de máxima resistencia.

b) Desconectar y luego reconectar el cable del terminal V del regulador.

c) Volver a colocar el resistor variable a la posición de resistencia mínima.

d) Atención. No desconectar el cable del borne V mientras el reóstato está en la posición de mínima resistencia.

7) Aumentar la velocidad del motor a 2 500 rpm (unas 6 000 revoluciones del alternador) que debe corresponder a uno de los valores siguientes, según sea la temperatura a 5 mm de la tapa del regulador:

De 13,9 V a 15 V para 19° C; 13,8 V a 14,8 V para 30° C.

13,7 V a 14,6 V para 41° C; 13,5 V a 14,4 V para 52° C.

13,4 V a 14,2 V para 63° C; 13,2 V a 14 V para 74° C.

13,1 V a 13,9 V para 85° C.

En los contactos inferiores el valor de la tensión debe ser 0,2 V más baja que la tensión en los contactos superiores.

El regulador, en estas condiciones, debe funcionar con el par de contactos superiores; si no es así significa que la batería está muy descargada y que, antes de proseguir las pruebas, debe ser recargada, al menos parcialmente.

8) Para regular la tensión mientras el regulador funciona con los contactos superiores, hacer girar el tornillo de regulación. Esta maniobra debe hacerse de manera que el ajuste se obtenga girando el destornillador en el sentido del movimiento de las agujas de un reloj, nunca en sentido contrario; por este motivo, si el ajuste debe realizarse en sentido contrario, hay que sobrepasar el punto necesario y luego hacer el verdadero ajuste moviendo el destornillador tal como se ha dicho, en el sentido horario.

9) Una vez hecha la regulación, repetir la operación descrita en el punto 6.

10) Hacer funcionar ahora el motor a 2 500 rpm (unas 6 000 del alternador) y léase la graduación. Ajustar de nuevo si fuese necesario.

11) Efectuar siempre la estabilización explicada en el punto 6 antes de hacer la lectura final en el voltímetro.

12) Después de haber ajustado el regulador funcionando sobre los contactos superiores, observar qué valores se obtienen con un funcionamiento en los contactos inferiores. A tal fin, aumentar lentamente la resistencia del resistor variable estando el motor funcionando a 2 500 rpm (unas 6 000 del alternador), hasta que el regulador empieza a funcionar con el par de contactos inferiores. Leer la tensión resultante y ver si difiere de la de los contactos superiores de 0,1 a 0,3 V.

Si girando el resistor variable no se consigue hacer funcionar el regulador sobre los contactos inferiores, se lleva el resistor variable hacia la posición de mínima resistencia, sin la resistencia fija de 1/4 de Ω; esto permite que la batería de acumuladores se cargue ligeramente, regulándose entonces el resistor variable de modo que entren en funcionamiento los contactos inferiores. Si no se quiere tocar el resistor fijo de 1/4 de Ω y si todo el conjunto (alternador y regulador) está sobre el coche, se obtiene el mismo resultado encendiendo los faros.

El método más cómodo para determinar cuándo el regulador funciona con los contactos inferiores consiste en colocar un auricular telefónico. Variando el resistor sobre el circuito de excitación (rotor) cuando llega el momento en que el funcionamiento del regulador pasa de los contactos superiores a los inferiores se revela por medio del teléfono, al principio muy

débil y luego aumenta cuando el par de contactos inferiores empieza a funcionar. Desde luego, también se puede observar directamente, mirando los contactos, pero, esto presenta un grave inconveniente: el regulador debe estar destapado, y entonces su temperatura no es la de funcionamiento normal; en cambio, colocando el teléfono, puede permanecer cerrado, conservando la estabilización térmica.

13) La diferencia de tensión entre el funcionamiento con el par superior de contactos y con el par inferior, se puede aumentar desplazando ligeramente el entrehierro entre el núcleo y la placa móvil. La recíproca es evidente: la diferencia de tensión se puede disminuir acercando al núcleo la placa móvil. Esta regulación puede realizarse con el regulador funcionando; si se considera oportuno efectuarla hay que tener presente que después hay que rehacer el ajuste de los dos pares de contactos.

Grupo relé de campo

Este interruptor automático de la batería, que la aísla del bobinado del rotor cuando se detiene el motor, requiere tres ajustes: a) del entrehierro; b) tensión de cierre de los contactos; c) apertura de los contactos.

a) **Ajuste del entrehierro.** Hay que controlarlo para que sea el punto correspondiente a que los contactos empiecen a tocarse. Si es necesario hacer una regulación, doblar, con mucha precaución el muelle que lleva el contacto plano.

b) **Tensión de cierre de los contactos.** Se efectúa este ajuste de la manera siguiente, realizando el montaje indicado en la figura 122.

1) El resistor conectado entre Sw y la llave "Ign" tiene que ser variable y su resistencia debe ser, al menos, de 50 Ω.

2) Poner el reóstato en la posición de máxima resistencia.

3) Conectar el conmutador.

4) Disminuir ligeramente la resistencia y ver cuál es la lectura del voltímetro en el momento de cerrarse los contactos: regular, si es necesario, actuando sobre el borde posterior, doblándola, hasta obtener el voltaje adecuado.

c) **Apertura de los contactos.** Si el entrehierro y la tensión de cierre de los contactos se realizan dentro de los valores que les corresponden, el relé funciona satisfactoriamente aunque la apertura de los contactos no se efectúe exactamente de acuerdo

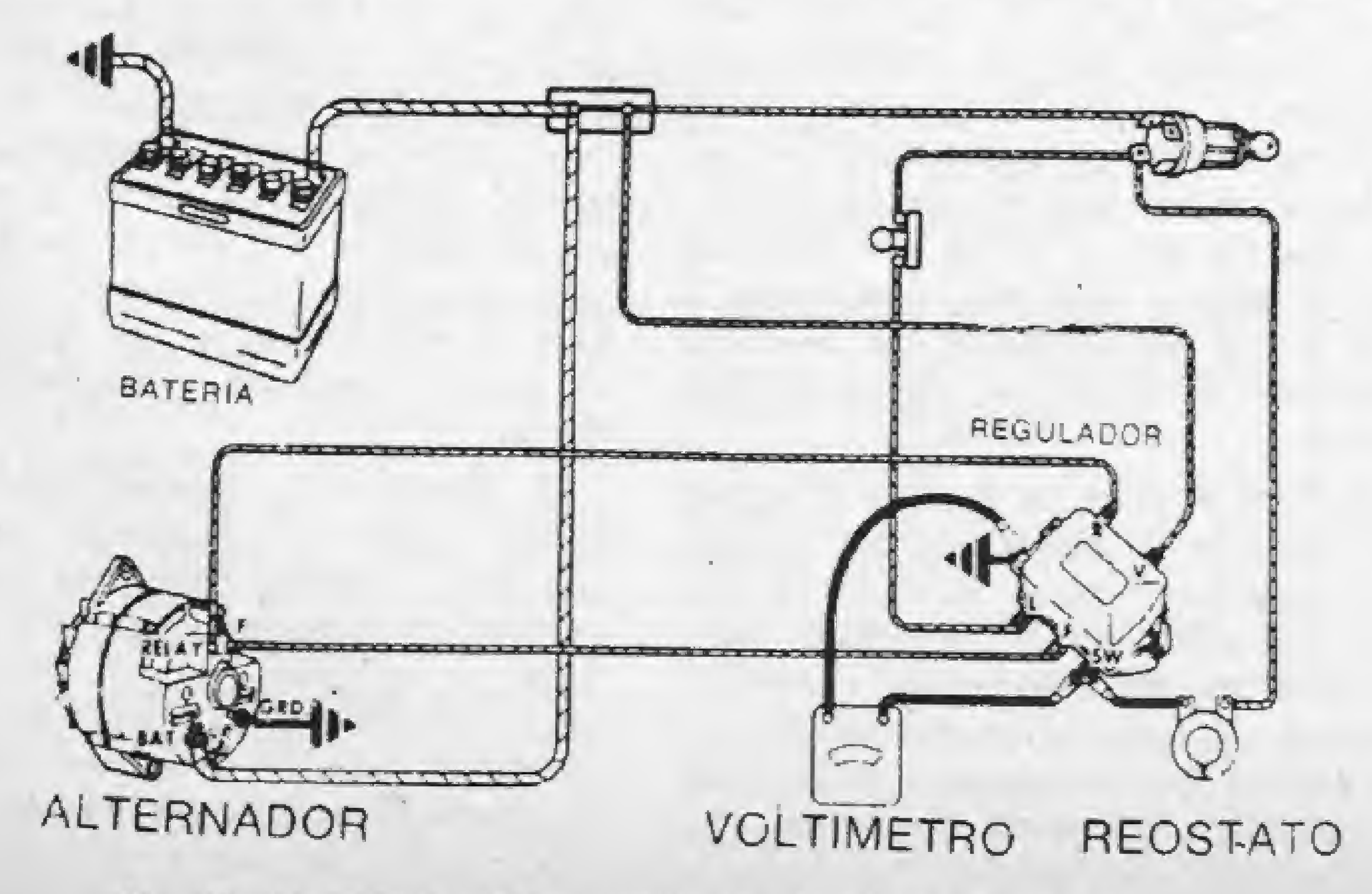


Fig. 122. Verificación de la "tensión de cierre" de los contactos.

con las prescripciones que hemos dado anteriormente.

La figura 123 indica cómo debe realizarse este ajuste.

Grupo relé lámpara testigo

Para comprobar el entrehierro empujar la placa móvil hacia abajo contra una lámina calibrada del espesor correspondiente. En estas condiciones los contactos deben tocarse apenas. Si no es así hay que regularlo, doblando el soporte del contacto superior.

Para controlar la tensión de apertura de los contactos proceder en la forma siguiente:

1) Conectar un resistor variable, de al menos 50 Ω, entre los terminales V y R del regulador, y graduar el resistor en la posición de resistencia máxima.

2) Conectar un voltímetro entre el terminal R del regulador y la masa.

3) Disminuir lentamente la resistencia y observar en el voltímetro cuál es la tensión de apertura de los contactos del relé. Si fuese necesario, hay que proceder a regularlo al valor indicado oportunamente; para conseguirlo, doblar el borde posterior, doblándolo, tal como se indicó anteriormente.

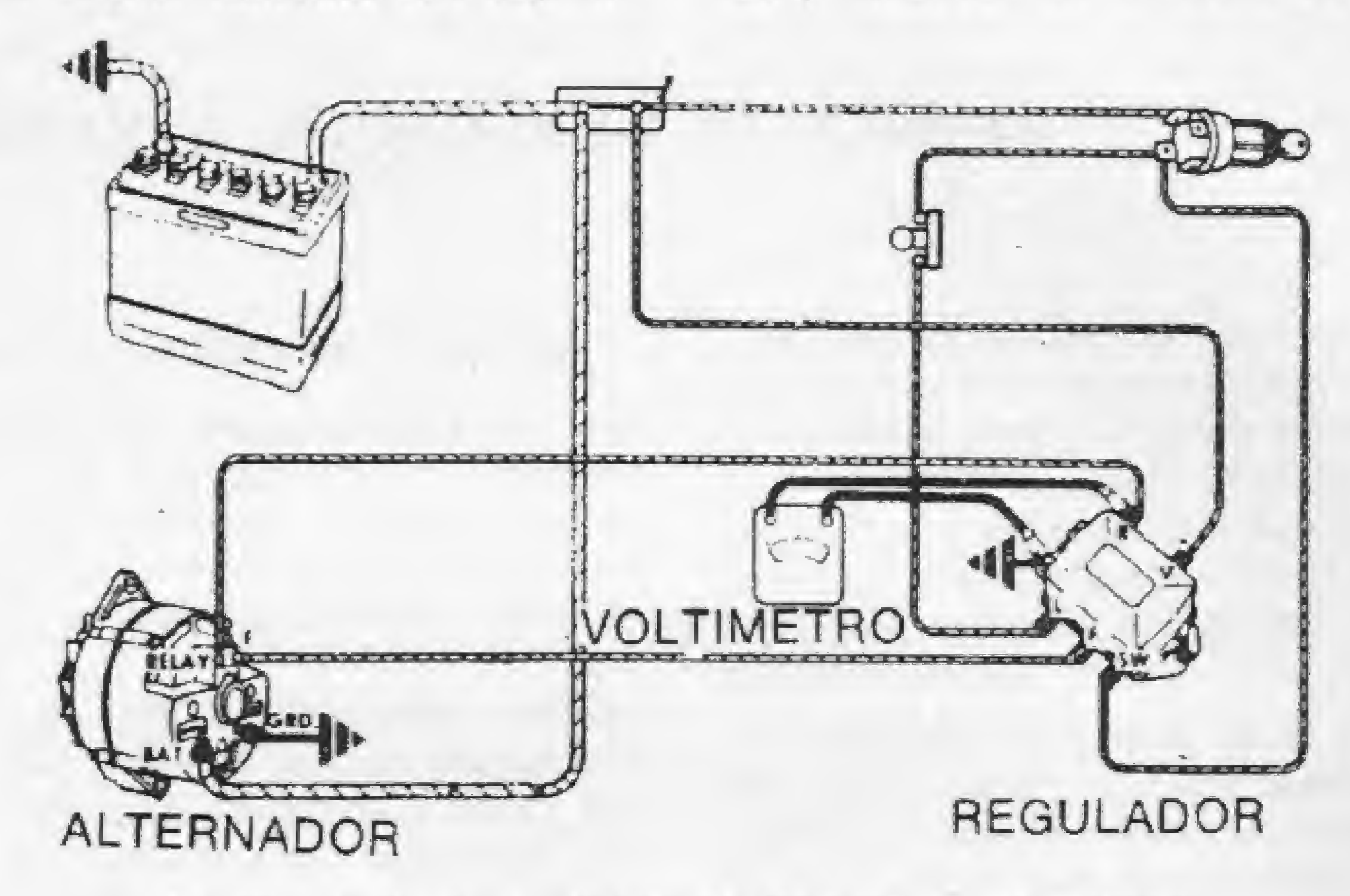


Fig. 123. Ajuste de la "tensión de apertura" de los contactos.

Capítulo III

PRUEBAS Y DIAGNOSTICO DE AVERIAS

Normas y equipo de pruebas

El objeto de estas pruebas es averiguar si el alternador y el regulador de carga funcionan debidamente y, caso de observarse alguna anomalía, dar las normas necesarias para su arreglo.

Lo más conveniente para realizar todas las pruebas es un voltamperímetro que tenga reóstato y, en su defecto, dos instrumentos separados, un voltímetro de bobina móvil para medir hasta 20 V, para corriente continua y un amperímetro de la misma clase, para medir hasta 80 A, corriente continua. El modelo representado en estas figuras es particularmente interesante para efectuar todas las mediciones de esta clase.

Las pruebas que vamos a realizar se refieren a: 1) potencia entregada por el alternador; 2) comprobación del relé de polaridad; 3) verificación del regulador de tensión. Todas las verificaciones se realizarán desde la salida de corriente rectificada, o sea, corriente continua, no siendo necesario efectuarlas en la parte de corriente alterna puesto que toda falla en esta parte de la instalación afectará a la corriente continua, de salida.

Prueba de salida del alternador

Tiene por objeto saber si el alternador produce su potencia nominal. Es fundamental y debe realizarse antes de hacer otras pruebas o ajustes.

La comprobación se efectúa utilizando solamente el amperímetro, siendo condición indispensable que la batería esté bien cargada (densidad del electrolito, 1 250 gr/litro). Se efectúan las conexiones indicadas en la figura 124 y se procede, por partes, en el siguiente orden:

a) Verificar la tensión de la correa; ésta debe estar lo suficientemente ajustada como para que no patine, pero debe tener una flexibilidad lateral que permita moverla a unos 12,5 mm (media pulgada) aproximadamente en su lado flojo cuando se la presiona con el dedo. Una excesiva tensión causará desgaste de correa y puede dañar los rodamientos del alternador.

b) Desconectar la conexión a masa de la batería.

c) Desconectar el cable de salida del alternador "+".

d) Conectar el amperímetro de CC sobre el terminal "+" y el cable previamente desconectado.

e) Desconectar los cables conectados a los terminales CAM e IGN del regulador 4A5-0690 y unir entre sí con un clip de cocodrilo. Tener especial cuidado de no hacer cortocircuito con masa y estos terminales.

f) Desconectar el terminal BAT y conectarlo en el terminal ALT.

g) Conectar nuevamente el terminal de masa de la batería. Cerrar la llave de ignición. Poner en marcha el mo-

tor y acelerar progresivamente hasta que la velocidad del alternador alcance aproximadamente a 3 000 rpm. En este punto la lectura en el amperímetro debe ser mayor de 35 A a una temperatura ambiente de 20° C.

a) Desconectar la conexión de masa de batería.

b) Reconectar los terminales CAM e IGN en el regulador. Dejar el terminal BAT conectado al terminal ALT y el amperímetro tal cual estaba.

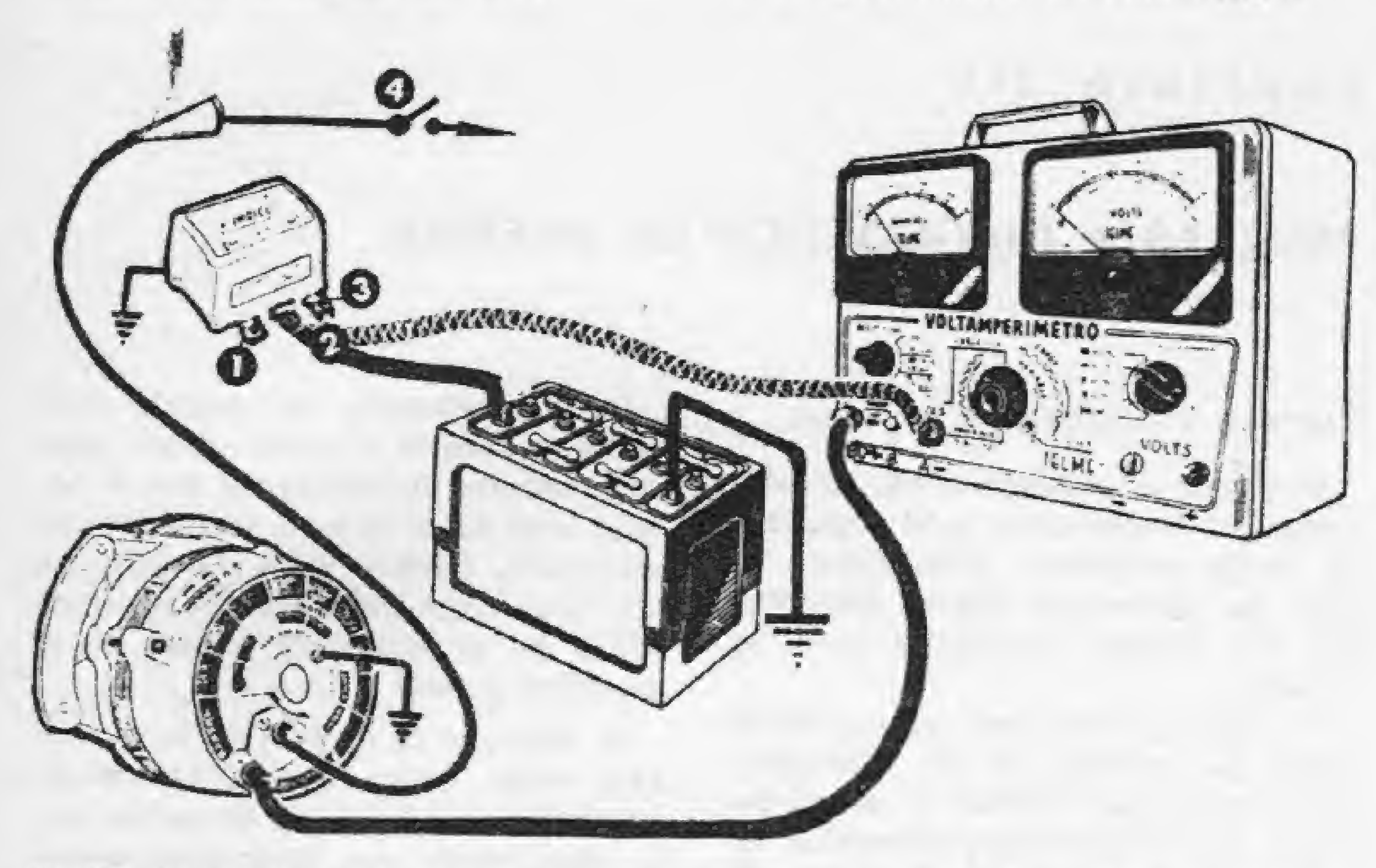


Fig. 124. Disposición de los instrumentos de medición para realizar las pruebas de salida del alternador.

Esta prueba permite llegar a la siguiente conclusión:

1) El alternador funciona correctamente si produce un excedente de su potencia nominal a la temperatura del ambiente.

2) Si el amperímetro indica una intensidad inferior a la especificada a 3 000 rpm, señala un alternador defectuoso.

Verificación del relé de polaridad

Esta prueba tiene por objeto verificar que opera en forma correcta este disyuntor que aísla la batería cuando se para el alternador evitando así que se descargue el acumulador en el rotor. Para hacer esta comprobación hay que hacer las conexiones indicadas en la figura 125 procediendo en la siguiente forma:

c) Reconectar la conexión de masa de batería.

d) Cerrar la llave de ignición y acelerar paulatinamente hasta que el alternador alcance 3 000 rpm y observar el funcionamiento del relé, a ver si abre los contactos al parar el alternador y si los mantiene unidos mientras funciona. Si no se abren los contactos indica que el relé es defectuoso, en cuyo caso hay que hacer las pruebas de continuidad del bobinado, verificar las conexiones, revisar el contacto a masa, etcétera. Desde ya se considera que las pruebas anteriores han dado por resultado que el alternador funciona bien, generando su potencia específica.

Si el relé de aislamiento y su circuito asociado dan un resultado satisfactorio, es necesario verificar el regulador de tensión.

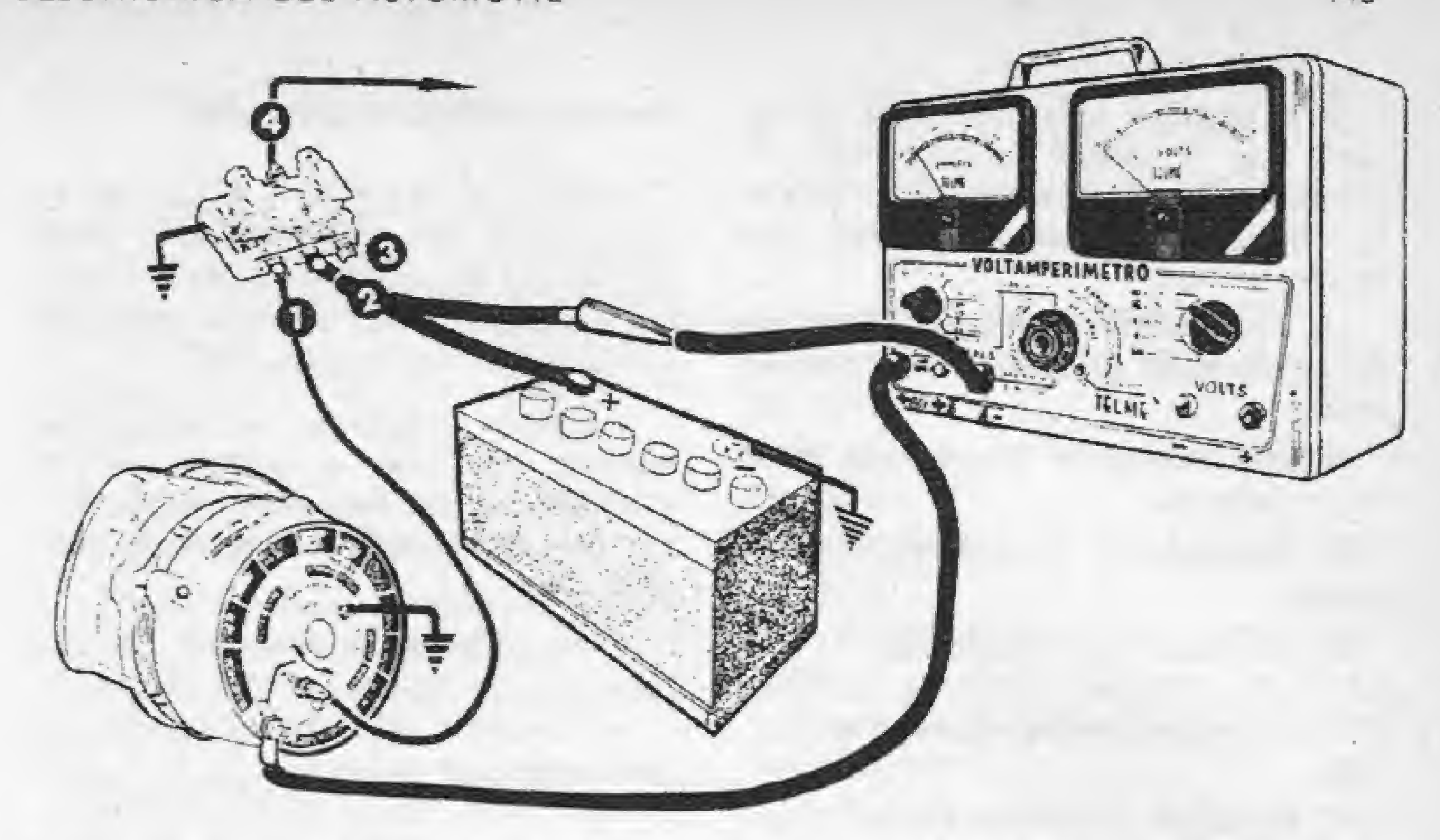


Fig. 125. Verificación del relé de polaridad, para saber el valor de la tensión en que interrumpe el circuito de la batería.

Comprobación del regulador de tensión

Si después de haber comprobado que el alternador entrega su máxima potencia y no obstante ello no la entrega, habiendo sido satisfactorios los resultados de la verificación del relé, esto nos indica que las fallas se encuentran en la unidad reguladora de tensión. A esta unidad sólo se le podrá hacer un reajuste de "Tensión de circuito abierto", no debiéndose intentar ningún otro tipo de ajuste.

Tensión de circuito abierto en el regulador

Verificación del calibrado. Ante todo, hay que empezar por volver todas las conexiones a su posición primitiva. Hecho esto, proceder en la forma siguiente, representándose en la figura 126 el conexionado general a realizar

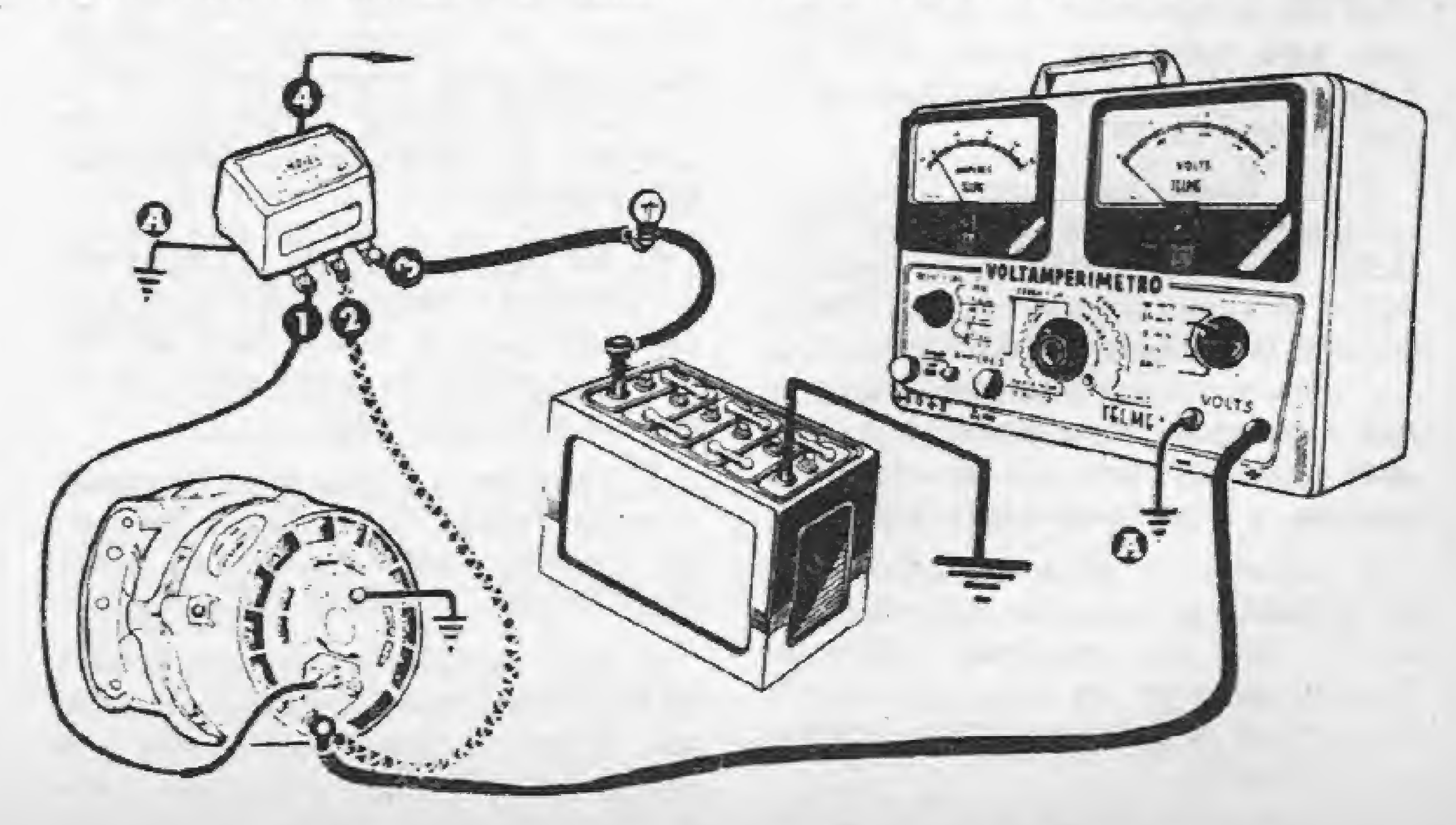


Fig. 126. Verificación del alternador para saber si funciona satisfactoriamente

Si al realizar esta prueba se observase que el ajuste del regulador es inestable, no hay que intentar arreglarlo: debe reemplazarse por otro que funcione bien.

La realización de esta prueba se debe efectuar siguiendo el siguiente orden:

a) Desconectar la conexión a masa de la batería.

b) Desconectar el cable BAT del regulador.

c) Conectar un foquito de 12 V y 2,2 W (± 150 mA) entre el terminal BAT y el cable previamente desconectado.

d) Conectar un voltímetro de CC entre el terminal + del alternador y masa.

e) Reconectar la conexión de masa de la batería.

f) Póngase en contacto y arranque el motor.

g) Acelerar instantáneamente el motor hasta media marcha, o más, para lograr autoexcitación, luego reduzca paulatinamente la velocidad hasta que el alternador alcance 3 000 rpm aproximadamente, en ese punto la tensión del circuito abierto debe ser de 14,5 a 14,7 V a 20° C. El factor de corrección por temperatura es de 0,1. Agregar este valor por cada 10° C debajo de 20° C y restar por cada 10° C por encima de 20° C.

h) Si fuese necesario regular el calibrado retirándose la tapa del regulador y con la herramienta especial hacer el ajuste lo más rápido posible girando la herramienta en sentido "reloj" para aumentar la tensión y en sentido "antirreloj" para disminuir la tensión. Esto se hará con el alternador girando a aproximadamente 3 000 rpm.

i) Detener el motor y desconectar la conexión de masa de batería, colocar la tapa del regulador, retirar el foquito, conectar el cable de batería al terminal BAT del regulador y retirar el voltímetro.

j) Conectar nuevamente la conexión a masa de la batería.

Precauciones esenciales

Cuando se efectúan trabajos de reparación, o de comprobación y verificación del equipo alternador y regulador, se deben tener siempre presentes las precauciones siguientes:

1) Nunca golpee el regulador para hacerlo funcionar o porque su funcionamiento es inestable. Proceda a realizar las pruebas descritas anteriormente.

2) No conecte a masa el cable o terminal de salida + del alternador o el terminal ALT del regulador, ya que existe el potencial de la batería siempre, aun con el motor detenido.

3) No haga funcionar el alternador con circuito abierto y con excitación en el campo, ya que de hacerlo dañaría los diodos por la elevada tensión inversa. (Cuando se controla la tensión del circuito abierto del regulador, ésta es controlada por el regulador sin causar daño alguno, aun cuando esté intercalado el foquito.)

4) No intente polarizar el alternador. Cualquier intento en este sentido puede dañar al alternador, o al regulador.

5) Asegúrese que al conectar un cargador de batería las conexiones sean efectuadas correctamente, de lo contrario los diodos rectificadores se dañarán. Es recomendable desconectar la batería.

6) No hacer funcionar el motorcito de arranque estando desconectado el cable de masa al chasis pues se quemaría el cable de masa entre el regulador y el alternador.

7) Al parar el motor debe funcionar a pocas revoluciones, de no ser así, los contactos del regulador se perjudican debido al efecto de inducción.

8) Las soldaduras de los diodos rectificadores con las fases del estator deben hacerse sosteniendo los cables de unión con una pinza plana que absorba rápidamente el calor, evitando así que los diodos se estropeen.

Diagnóstico de averías

Describiremos ahora las fallas del buen funcionamiento del conjunto alternador y regulador, clasificándolas en siete grupos, describiendo primero los síntomas de mal funcionamiento y luego lo que conviene hacer para arreglarlo.

1) **Poca salida del alternador y carga baja de la batería.**

a) Mal contacto de alguna conexión en el circuito de carga.

Revisarlo y apretar la tornillería. Medir la resistencia.

b) El regulador está ajustado a un valor de tensión bajo.

Hacer la calibración eléctrica al valor adecuado.

c) El rectificador está en cortocircuito, o abierto.

Sacar el alternador, desarmarlo y probar los diodos.

d) Contacto a masa del devanado del estator.

Desarmar el alternador. Probar el bobinado estatórico.

2) **Régimen de carga excesivo para una batería sobrecargada.**

a) Regulador ajustado a un valor demasiado alto.

b) Los contactos del regulador están pegados. Cambiarlo.

c) La base del regulador hace mal contacto a masa.

d) El limitador de tensión tiene el devanado abierto.

3) **Los contactos del regulador de tensión están quemados.**

a) Regulador ajustado a un valor demasiado alto.

b) El devanado del rotor hace contacto a masa.

4) **Contactos del regulador de tensión pegados.**

a) Mala conexión de las masas del alternador y del regulador.

Arreglar las conexiones. Recalibrar el regulador si fuese necesario.

Probable rotura de un resistor.

5) **El alternador hace ruidos.**

a) Soporte del alternador flojo.

Colocar bien el alternador y apretar los tornillos.

b) Correa de transmisión floja o gastada.

Poner correa nueva y tensarla debidamente.

c) Rodamientos defectuosos o gastados.

Desarmar el alternador. Cambiar los rodamientos.

d) Diodos abiertos o en cortocircuito.

Desarmar el alternador. Probar los diodos rectificadores y poner de nuevo si resultasen defectuosos.

e) Rotor, o ventilador, averiado o suelto del eje.

Desarmar el alternador. Poner un nuevo rotor, o ventilador, según sea el caso.

f) Devanado estatórico abierto o en cortocircuito.

Desarmar el alternador. Inspeccionar los devanados con el probador.

Poner un nuevo estator si fuese necesario.

6) **El alternador no carga.**

a) Ver la tensión de la correa y su desgaste.

Cambiar la correa y verificar su tensión.

b) Rodamientos o anillos rozantes gastados.

Instalar de nuevo si están muy gastados.

c) Escobillas pegadas en el portaescobillas.

Poner escobillas nuevas. Limpiar los anillos.

d) Devanado del rotor abierto.

Probar todas las conexiones y arreglarlas.

e) Bobinados del estator abiertos.

Desarmar el alternador. Probar el bobinado de las tres fases.

Cambiar el estator si es necesario.

f) Diodos rectificadores abiertos.

Desarmar el alternador y probar los diodos. Instalar diodos nuevos si fuese necesario.

7) **Salida baja y poca carga de la batería.**

a) Correa gastada o floja.

Ajustar la correa y si está gastada, cambiarla.

b) Los terminales de la batería hacen mal contacto.

Limpiarlos. Revisar los cables, limpiarlos, y apretar bien los terminales, de la batería.

c) Mal contacto en el circuito de carga.

Medir, y ver si es elevada la resistencia en los terminales de la batería, bornes sulfatados, cables defectuosos, revisar las conexiones a masa (chasis).

d) Devanados del estator abiertos.

Desarmar el alternador. Comprobar los devanados trifásicos, cambiándolos si tienen algún defecto.

Reemplazo de la placa portadiodos

Cuando sea necesario hacer cambios en los diodos rectificadores, hay que desmontar las placas portadiodos para lo cual damos las instrucciones siguientes:

1) Retírese tapa extremo rectificadores y desuéldense las placas portadiodos del estator.

2) Las placas portadiodos comprenden dos porciones aisladas entre sí, una de polaridad positiva, y la otra negativa. Los diodos no son individualmente reemplazables pero, a los fines de servicio se suministran ya colocados en su respectivo lugar en la placa portadiodos. La placa positiva lleva tres diodos de base catódica marcados en rojo y la negativa tres diodos de base anódica marcados en negro (fig. 127).

Los términos "base anódica" y "base catódica" se refieren a la polaridad del cristal encapsulado en contacto físico con el cuerpo del diodo siendo el ánodo el electrodo a través del cual la corriente convencionalmente entra al diodo, bajo la influencia del voltaje del alternador; el cátodo es el electrodo por el cual sale.

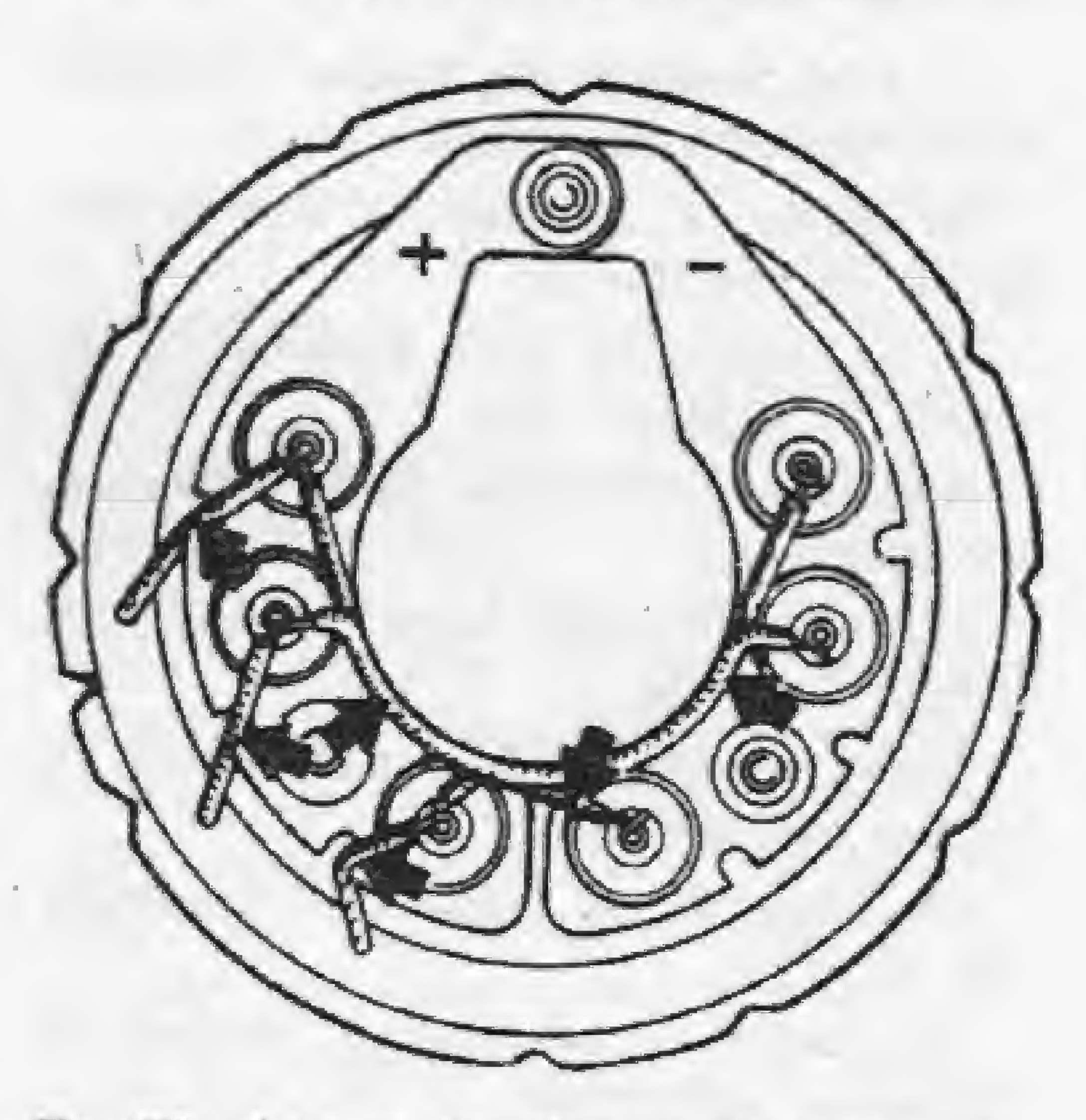


Fig. 127. Vista de las placas portadiodos. Las flechas indican dónde debe aplicarse el adhesivo "MMM" EC 1022.

3) Al soldarse las conexions, debe utilizarse soldadura de estaño-plomo.

4) Debe tenerse cuidado de no recalentar los diodos. Si se utiliza un soldador, los terminales de los diodos deben ser sostenidos con un par de pinzas de punta larga, las cuales actúan como disipador térmico. La soldadura debe ser efectuada lo más rápido posible.

Nota: el método adoptado en la fabricación para asegurar un calentamiento local únicamente, es el de calentamiento eléctrico por resistencia.

Esto se efectúa colocando dos carbones contra el ojal de conexión (siendo sus superficies chatas y paralelas entre ellas) y luego pasando 20 A a través del circuito por dos segundos.

5) Luego de soldar las conexiones deben ser prolijamente ordenadas a través de las placas portadiodos, para asegurar que el rotor tenga un suficiente radio de giro, y deben fijarse con adhesivo "MMM" EC 1022 donde se indica en la figura 127. Las tres conexiones del estator deben pasar a través de las muescas correspondientes de la placa portadiodos

BOBINADO DE ALTERNADORES LUNDELL

Devanados trifásicos

Los alternadores actualmente empleados en los automóviles son, casi todos, del sistema Lundell, del cual nos hemos ocupado detalladamente, pero, hemos creído conveniente referirnos, con cierto detalle, al aspecto práctico de su bobinado.

Sabemos que se componen de dos bobinados, separados, el de excitación, llamado rotor, y estator que contiene el bobinado fijo en el cual se generan las 3 fases de la corriente inducida.

Bobinados estatóricos

Se ha elegido el bobinado trifásico porque ya se ha explicado que produce una corriente rectificada que, para los fines de cargar la batería, se comporta casi como si fuese corriente continua. Asimismo, se ha elegido colocar los devanados en el estator que producen la corriente de relativa fuerte intensidad para evitar su paso por anillos y escobillas. Una vez recordados estos fundamentos, pasamos a describir los devanados estatóricos.

Están alojados en el interior del anillo que constituye el circuito magnético del estator, colocados en ranuras que alojan los lados de bobina. Toda la técnica del proyecto de un bobinado consiste en determinar el paso de las bobinas según sea el número de polos y de fases de la corriente que se produce.

Aunque el técnico electricista de automóviles no tendrá que calcular un alternador nuevo, sino que se encontrará ante situaciones de tener que "rebobinar" el devanado de un alternador que se ha quemado, roto, etcétera, no obstante, daremos ahora indicaciones generales acerca de cómo se determina un bobinado trifásico de un alternador Lundell.

En los bobinados trifásicos hay tres devanados iguales, uniformemente distribuidos en la parte interna del estator cuyos cabos se conectan entre sí, por uno de sus extremos se unen para formar lo que se denomina conexión en triángulo o en estrella y los otros cabos, o extremos, de cada devanado, al puente de los seis diodos rectificadores. La más empleada es la conexión en estrella, debido a que la conexión en triángulo puede dar lugar a la formación de la tercera harmónica de la frecuencia fundamental que produce la circulación interna de los devanados de corrientes, sin efecto útil.

Las ranuras que en cada paso polar contienen conductores de una fase determinada se denominan, "ranuras por polo fase" y las indicaremos por "q". Si, por otra parte, indicamos por "c" el número total de ranuras del estator y con "p" el número de polos tenemos la siguiente fórmula para los devanados trifásicos:

$$c = 3 \cdot p \cdot q$$

Según sea el reagrupamiento de las "q" ranuras por polo fase, los bobinados trifásicos pueden ser a "paso entero", o bien, a "paso reducido". En los bobinados a paso entero las "q" ranuras todas son contiguas, ocupadas completamente, por los conductores de una misma fase. Naturalmente, se trata de que "q" sea un número entero, a fin de que el bobinado sea posible, aunque, para ello, sea necesario que ciertos valores de "q" sean fraccionarios. (Para mayores detalles sobre los bobinados en general, consultar mi obra: *Bobinados Eléctricos, guía práctica del bobinador electricista.*)

De entre los numerosos posibles tipos de bobinados de inductores trifásicos (estatores) el más sencillo de todos es el tipo de dos lados de bobina por ranura que tiene tantas bobinas como ranuras y, además, todas las secciones son iguales. Como consecuencia de haber tantos lados de bobina como ranuras, cada ranura contiene dos lados de sección de bobina, uno en el fondo de la ranura y el otro lado encima.

La máxima tensión inducida para cada sección de bobina se obtiene cuando un lado está debajo de un polo norte y el otro lado debajo de un polo sur. La figura 128 ilustra todas estas consideraciones, presentando el ejemplo de un alternador cuyo estator tiene 24 ranuras y el rotor (inductor) 4 polos. Por consiguiente el paso entero es de:

$$24/4 = 6 \text{ ranuras}$$

El número de ranuras por polo fase es de:

$$q = 24/3 \times 4 = 24/12 = 2$$

En general, todas las secciones tienen el mismo número de espiras, conectadas en serie. Cada espira de la sección alojada en las ranuras 1 y 7 tiene dos conductores, uno para cada una de dichas ranuras, que generan, en cada instante, tensiones, de igual amplitud pero de polaridad opuesta. Dicho en otras palabras: las ranuras 1 y 7 están distanciadas 180° eléctricos y la tensión en los cabos de una espira es el doble de la de cada conductor.

En el ejemplo que estamos comentando, las secciones están colocadas en las ranuras 1 y 7, 2 y 8, y así sucesivamente. Para simplificar las explicaciones, al referirnos a las secciones de bobina las llamaremos sección 1, 2, etcétera, considerando que: el número de las secciones coincide con el número de ranuras entre las cuales se encuentra el poló izquierdo de la misma sección. En fin, para simplificar el esquema, las secciones se han dibujado como si tuviesen una sola espira.

La tensión que generan todas las secciones tienen el mismo valor efectivo y la misma frecuencia pero, difieren entre sí del ángulo de fase. La sección 1 y 7 difieren de 180° eléctricos, por consiguiente, si las conexiones de la sección 7 se invierten, estará en fase con la sección 1. La

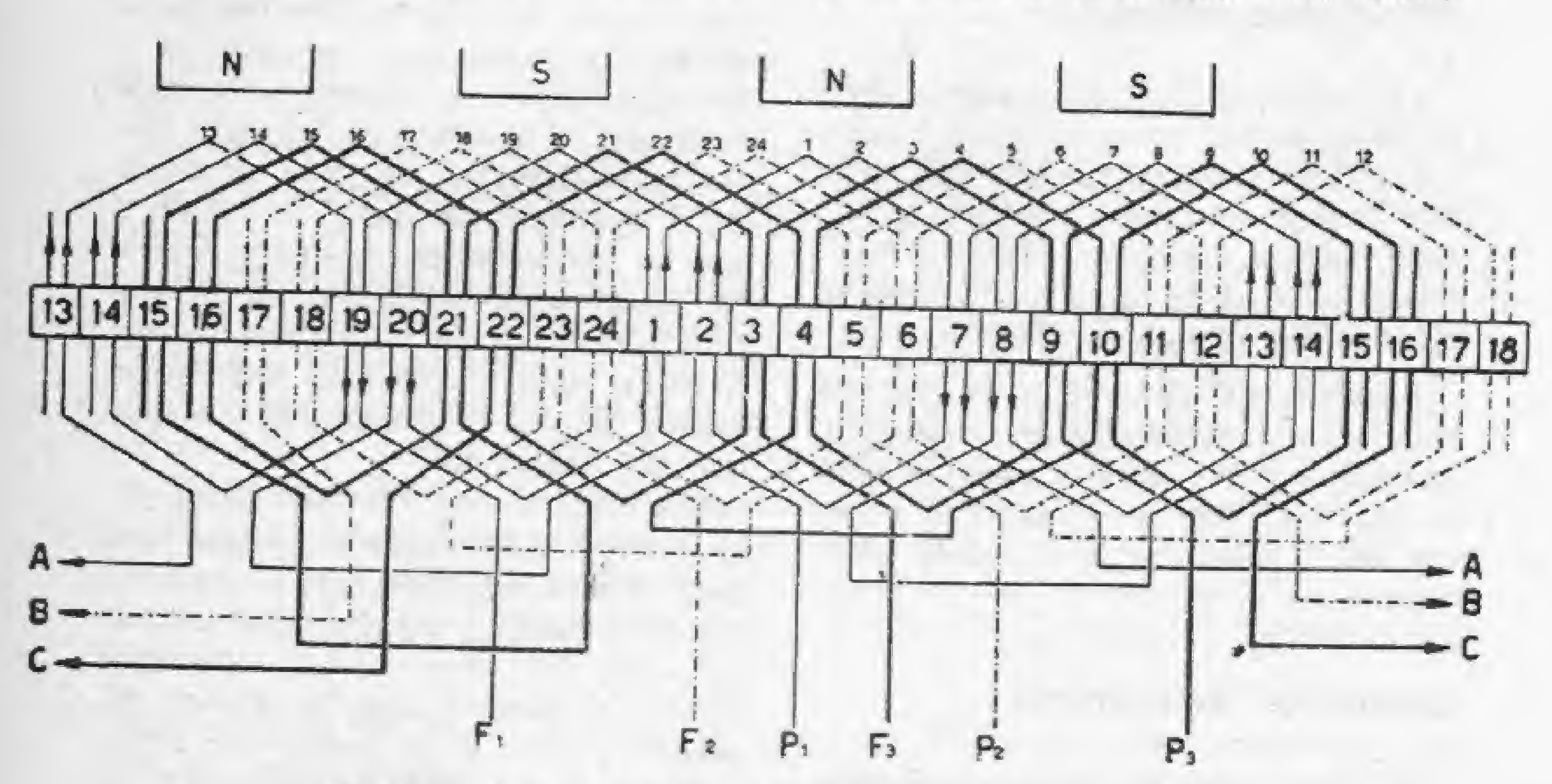


Fig. 128. Bobinado regresivo trifásico para un estator tetrapolar, con 24 ranuras, 2 lados de bobina por ranura.

sección 2 está desfasada (fuera de fase) de:

180°/6 = 30°

con la sección 1; la sección 3 de 30° con la sección 2, y así sucesivamente.

Observemos que la fase 1 ocupa un tercio de las secciones, o sea, 8 secciones de bobina, las cuales están devanadas en forma que produzcan la máxima tensión conectadas en serie. Las secciones 1, 7, 13, 19, están en fase para conectarse oportunamente: el resto de la fase estará formado por las secciones 2, 8, 14 y 20, que estarán desfasadas de 3° de la sección adyacente de la primera serie.

Se denomina "grupo polar" al grupo de secciones que contiene cada fase por polo: las secciones 1 y 2 constituyen un grupo polar. En los alternadores utilizados en los automóviles todas las secciones de una misma fase están devanadas con un determinado número de espiras, sin interrumpir el hilo, con lo cual se evitan soldaduras, como se indica en el esquema.

La fase 2 está desfasada de 120° eléctricos de la fase 1; por consiguiente, empezando desde la sección 5, las ocho secciones de la fase 2 están desfasadas de cuatro ranuras a la derecha de la correspondiente sección de la fase 1. Asimismo, la fase 3 empieza con la sección 9, o sea, cuatro ranuras a la derecha de la sección 5.

P_1, P_2, P_3 son los comienzos de las tres fases; F_1, F_2, F_3 son los finales.

Si el alternador debe conectarse en estrella, se conectan reunidos P_1, P_2 y P_3, mientras que F_1, F_2 y F_3 son los hilos de línea, o viceversa. Para la conexión en triángulo se unen entre sí F_1 y P_2, F_2 y P_3, F_3 y P_1; desde estos puntos de unión salen los hilos de la línea.

Bobinado rotórico

Esta bobina tiene por objeto formar el campo magnético de las dos coronas de polos del rotor.

El campo magnético que forma esta bobina, coaxial con el eje del alternador, depende de sus amperios-espiras, o sea, del producto de la intensidad que recorre su devanado y del número de espiras que tenga. Por consiguiente, si duplicamos la intensidad, por ejemplo, reducimos a la mitad el número de espiras necesarias para producir un determinado campo magnético, y viceversa. Generalmente las intensidades son del orden de 3 a 5 A, que es la intensidad que recibe esta bobina, a través de dos escobillas y anillos, de la batería del coche.

El devanado de esta bobina no ofrece ninguna dificultad, debiéndose sólo asegurarse que pueda resistir la acción de la fuerza centrífuga debido a las altas velocidades a que giran los rotores de los alternadores Lundell. Por esto se estudia lo que es más conveniente, sin disminuir el valor de la intensidad, aumentando el número de espiras, para un determinado producto NI, o bien, reducir las espiras, pues cuantas menos haya, menos se alejará del eje la última capa de ellas, lo cual es muy importante puesto que la fuerza centrífuga aumenta con el cuadrado del radio de giro, o sea, la distancia desde el eje hasta la última capa de espiras de la bobina rotórica.

Una vez sabido el número de espiras y el diámetro y clase del alambre, la realización de esta bobina consiste en devanar cuidadosamente, por capas superpuestas, el número requerido de espiras, afirmando debidamente los cabos o sea, el comienzo y final del devanado hasta su conexión a los anillos por los cuales recibe la corriente de la batería.

QUINTA PARTE

TEMAS COMPLEMENTARIOS

Capítulo I

ANALISIS DE LA IGNICION CON EL OSCILOSCOPIO

Métodos modernos

Entre las numerosas ventajas de utilizar el osciloscopio para comprobar la forma en que se realizan las distintas fases de la ignición hay que mencionar, en primer término, que permite "ver" a cada instante el comportamiento de los distintos órganos que forman el sistema de encendido.

Al conjunto de la imagen visible en la pantalla del osciloscopio se lo denomina oscilograma, el cual se dibuja por la traza que forma el punto luminoso al desplazarse por la pantalla. Cuando el oscilograma es obtenido en los bornes del ruptor, o sea en la baja tensión, se lo denomina oscilograma del circuito primario, mientras que si se obtiene con las variaciones de tensión en los bornes del secundario entonces tendremos el oscilograma del circuito secundario.

Actualmente ya existen osciloscopios especialmente adaptados para hacer este estudio en cuya pantalla hay indicados en una escala horizontal, inferior, los ángulos, en grados y, en una escala vertical, a la derecha, los valores de la tensión en kW. Esto permite hacer lecturas directas de los valores correspondientes a la apertura y cierres de los contactos, comportamiento del capacitor que absorbe la extracorriente, tensión que produce la chispa, forma de la tensión amortiguada de la descarga, etcétera. Siendo prácticamente instantánea la formación de los oscilogramas en la pantalla del osciloscopio, este método de análisis visual de la ignición es adaptable tanto cuando el motor funciona a pocas revoluciones como a las más altas velocidades.

Se han hecho estudios completos y catalogado oscilogramas, del primario y del secundario, que interpretan no sólo el perfecto funcionamiento, sino también todas las fallas posibles, bastando con observar la pantalla del osciloscopio para saber, a ciencia cierta, el grado de eficacia del funcionamiento del motor y, caso de haber fallas, no sólo se hace visible el defecto sino que permite determinar el órgano o dispositivo que lo ocasiona. En esta exposición sólo presentaremos oscilogramas "normales" de tres sistemas de encendido: 1) sistema tradicional: 2) ignición transistorizada; 3) encendido a impulsos magnéticos.

SISTEMA TRADICIONAL DE ENCENDIDO

Oscilogramas del primario

Los oscilogramas del circuito primario se obtienen conectando el osciloscopio tal como indica la figura 129. En la parte superior se representa la pantalla del osciloscopio y la "traza" (trazado, o dibujo) que constituye el oscilograma primario. En la pantalla observamos que hay grabadas dos

escalas en grados, angulares, correspondiendo la superior cuando la excéntrica tiene 8 lóbulos y la escala inferior cuando tiene 6 lóbulos, lo cual caracteriza el número de cilindros que tiene el motor.

Para entender bien estos oscilogramas recapitulemos, brevemente, lo que sucede cuando la mezcla comprimida en el cilindro por el pistón se inflama al producirse la chispa. Esto ocurre

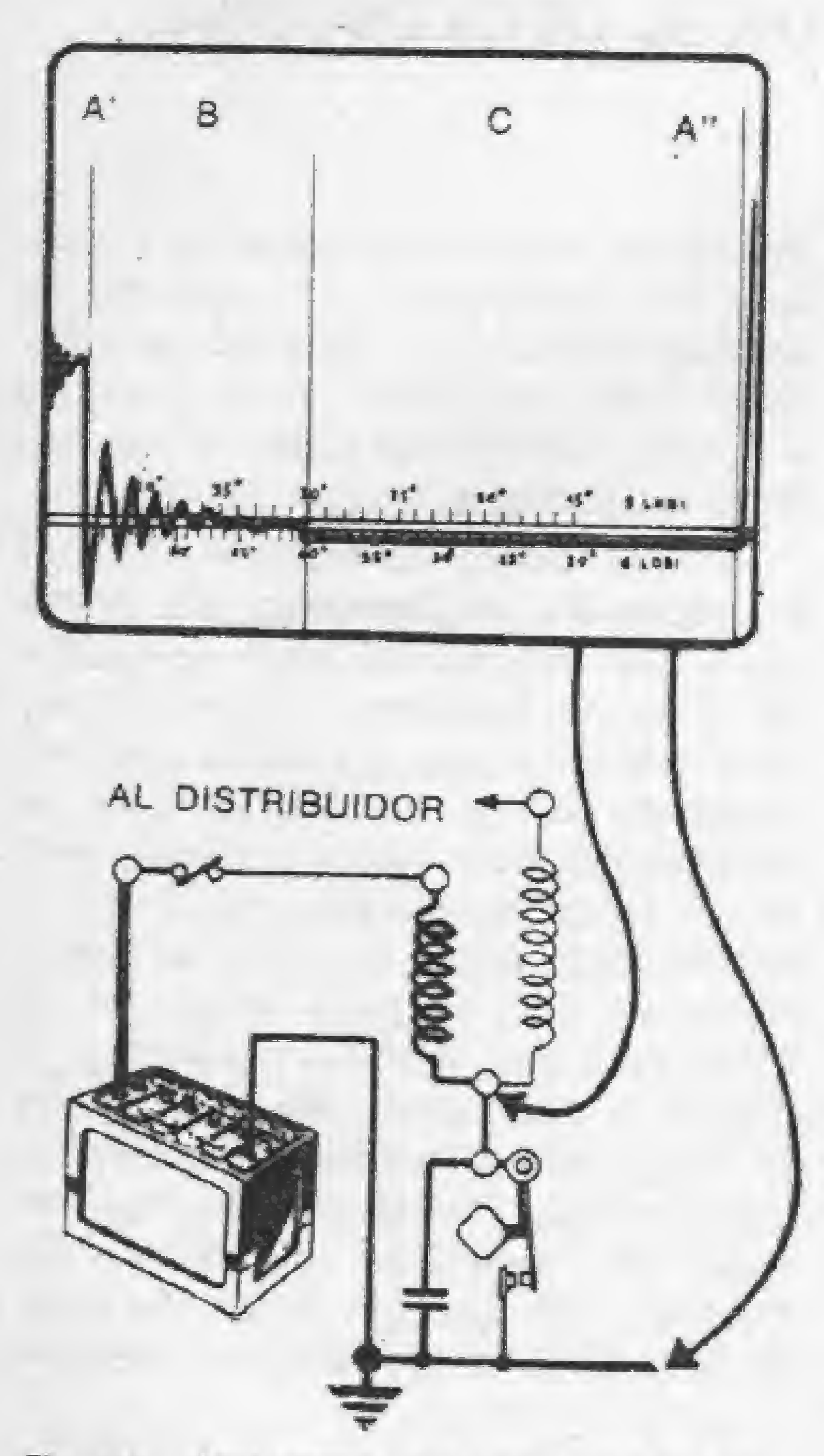


Fig. 129. Oscilograma que representa el funcionamiento del circuito primario de un circuito de encendido tradicional.

cuando al separarse los platinos del ruptor aparece en los bornes del secundario una tensión de varios millares de V capaz de producir la ignición (encendido) de la mezcla comprimida. Es desde ese instante que se carga el capacitor, conectado en paralelo con el ruptor, para absorber la extracorriente producida por la reconversión de la energía magnética en eléctrica, de la bobina. Luego, al prepararse un nuevo ciclo del motor térmico, se cierran los platinos, vuelve a fluir la corriente por el primario y se forma nuevamente el campo magnético en la bobina al ser recorrido el primario por la corriente de la batería.

Observando la figura 129, vemos la pantalla dividida en tres regiones, A, B y C, que vamos a comentar seguidamente.

Primera región. Está representada a la izquierda del diagrama: es el instante de apertura de los contactos del ruptor (platinos): el capacitor se carga abruptamente y se descarga a masa (chasis) no instantáneamente sino en forma de una serie de oscilaciones amortiguadas. El valor que adquiere la tensión en el momento de la ruptura (separación de los platinos) es lo que se denomina "pico de la interrupción" y cuanto mayor sea mejor será la ignición, lo cual está representado por la altura en que se produce la oscilación del capacitor.

Segunda región. Durante esta fase del funcionamiento los contactos del ruptor permanecen abiertos. Observamos que el valor del "pico de interrupción" disminuye rápidamente y en la pantalla aparecen una serie de oscilaciones amortiguadas. Estas oscilaciones son inducidas del secundario sobre del primario, pues aunque por el primario no circula corriente mientras los platinos están separados, aparece esta corriente inducida en la pantalla debido a la conexión del osciloscopio en la conexión común del primario y secundario y la masa. Esta corriente inducida en el primario se anula y entonces entramos en la próxima región del funcionamiento.

Tercera región. Empieza en el instante de cerrarse los contactos dal ruptor. Observamos en el oscilograma un descenso brusco: es el paso del valor de la corriente inducida en el primario por el secundario y ad-

quirir ahora el valor de la tensión de la batería, representado por una línea recta, hasta que al llegar en el punto de apertura de los platinos (extremo de la derecha), adquiere abruptamente el valor de pico y carga simultánea del capacitor, iniciándose desde ese instante la descarga oscilante de la primera región.

Observando el oscilograma vemos que en el instante de apertura de los contactos el valor instantáneo del "pico de tensión" es superior al que adquiere la tensión del capacitor. Representa la tensión instantánea que adquiere el primario por el efecto de la inducción de los devanados.

conectado al distribuidor de alta tensión, y a la conexión común del primario y el secundario.

Una forma típica de oscilograma del secundario se indica en la figura 131, que representa claramente las etapas en que se realiza el proceso eléctrico completo de la ignición en un cilindro. En la izquierda, la bujía, representa la duración de la chispa, al final de la cual todavía existe en los bornes de la bobina la tensión inducida, que va amortiguándose en un tiempo que depende de las características electromagnéticas de la bobina, hasta anularse: esto está representado por un pequeño trazo rectilíneo al final de

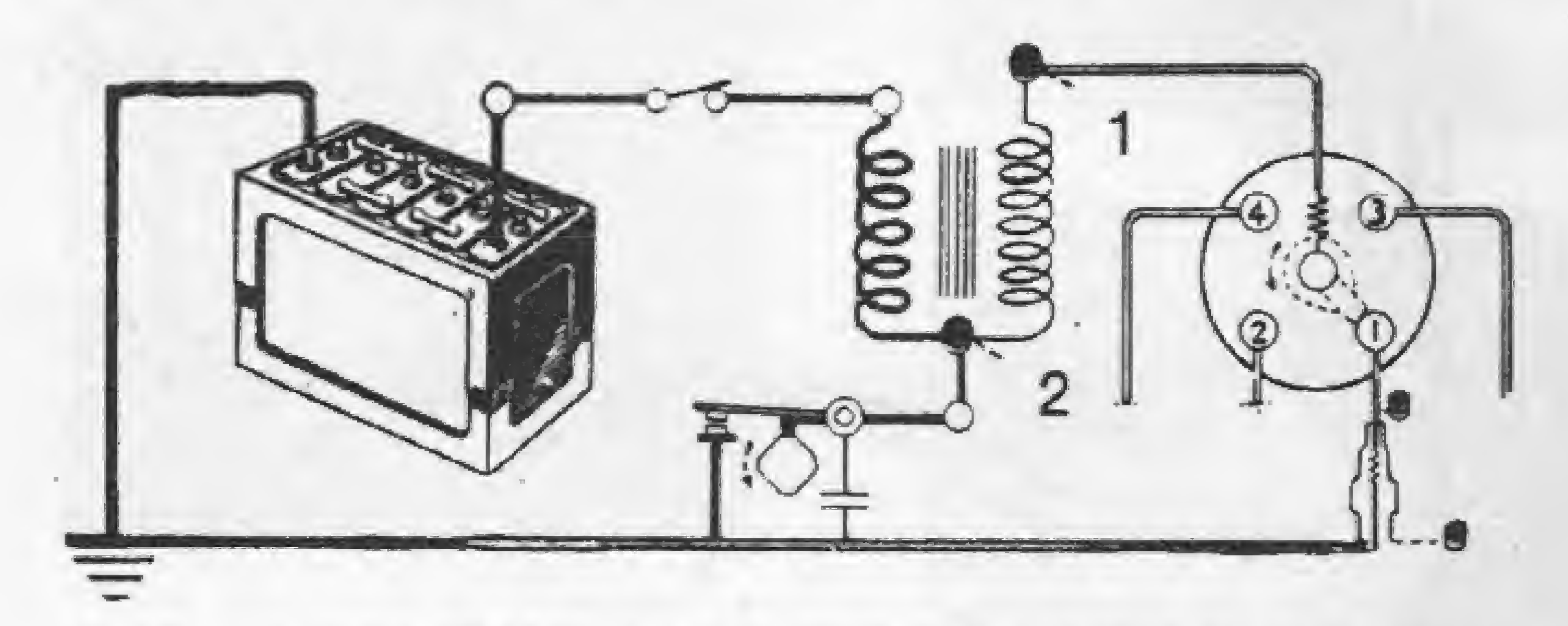


Fig. 130. Los puntos señalados 1 y 2 es donde debe conectarse el osciloscopio para obtener oscilogramas del secundario.

Ahora, algunos comentarios, respecto a las medidas angulares, representadas en la escala horizontal de la pantalla. Los grados indicados en la segunda región señalan el ángulo en que los platinos están abiertos, mientras que los que comprenden la región tercera miden el ángulo en que los platinos están cerrados. En cuanto a las alturas representan los valores de las tensiones respectivas.

Oscilograma del secundario

Aunque tienen características propias, los oscilogramas del primario y del secundario son muy parecidos. La forma de conectar el osciloscopio se indica en la figura 130, o sea que se toman las variaciones de tensión en el borne de salida del secundario.

la oscilación amortiguada. En ese instante se produce el cierre de los contactos, lo cual produce una caída neta de la tensión, pero sin interrumpirse, como ocurre en el oscilograma del primario, debido a que ahora no hay una conexión continua con la batería y en cambio sí tenemos una conexión magnética entre primario y secundario, cuyo efecto inductivo se revela en el secundario en forma amortiguada. Una vez cerrados los contactos tenemos un trazo rectilíneo, representativo de la tensión de la batería, hasta que llega el instante de la apertura de los contactos del ruptor: la abrupta desaparición del campo magnético formado en los devanados hace que aparezca un impulso eléctrico (pico de tensión) representado por la línea vertical, que puede al-

canzar de 15 000 a 25 000 V que, al ser aplicados a los electrodos de la bujía, hacen saltar la chispa, indicada un poco más abajo del pico instantáneo. La representación de la corriente amortiguada que produce la chispa está representada ahora en el extremo izquierdo del oscilograma y se repite un nuevo ciclo del proceso de la batería, formando el campo magnético, hasta que, en el extremo de la derecha se produce la apertura de los contactos y la aparición del impulso de alta tensión.

El segundo oscilograma se refiere al secundario, viéndose en forma bien clara los fenómenos que se producen, descritos anteriormente.

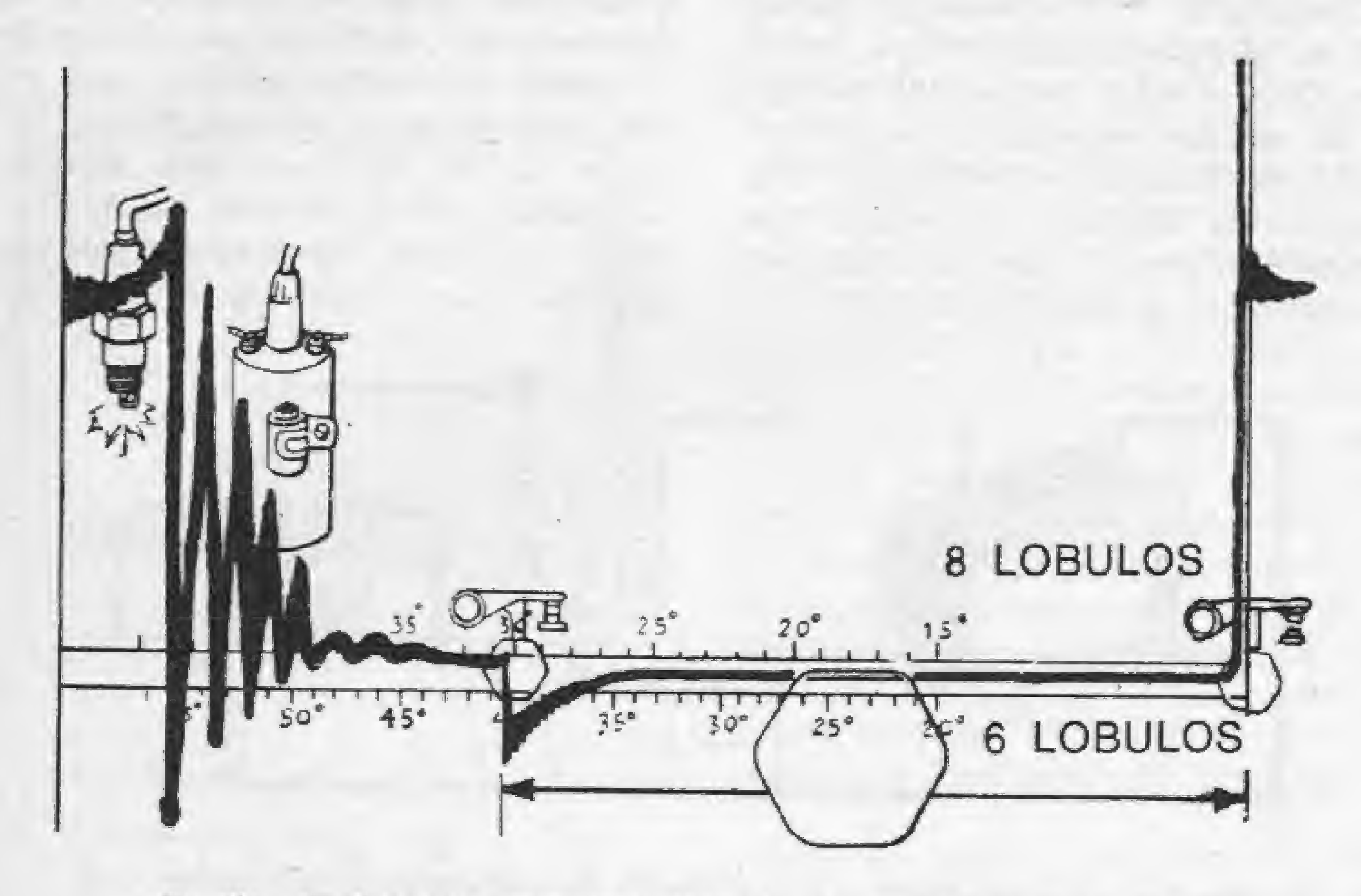


Fig. 131. Oscilograma fundamental obtenido del secundario de la bobina

completo de la ignición en un cilindro, tal como lo hemos descrito.

Se representan en la figura 132, tres oscilogramas de un sistema de ignición tradicional que se interpretan fácilmente después de haber asimilado las explicaciones dadas anteriormente. El primer oscilograma corresponde al circuito primario: vemos en el extremo izquierdo la representación de la corriente que ha producido la chispa; luego, la corriente amortiguada en el primario, por el efecto de la inducción, hasta anularse totalmente: en el primario no hay corriente porque los contactos están abiertos. Al cerrarse los platinos, el primario se pone abruptamente en circuito con la batería y vemos el corte, neto, de la horizontal: desde ese instante, el primario es recorrido por la corriente

El tercer oscilograma es la sucesión de cuatro oscilogramas, correspondientes a un motor de cuatro cilindros. En este caso podemos apreciar el pico de tensión, señalado (1) y las tensiones que producen las chispas, así como los distintos valores que tiene la tensión en el secundario al cerrarse y abrirse los contactos del ruptor.

Hay modelos de osciloscopios que proyectan en la pantalla una sucesión de oscilogramas, uno para cada cilindro, colocados sucesivamente como el que acabamos de presentar, en forma panorámica horizontal. También hay modelos que presentan los oscilogramas colocados en sucesión vertical, apreciándose entonces en forma simultánea el comportamiento de todos los cilindros, por corresponderse las distintas regiones.

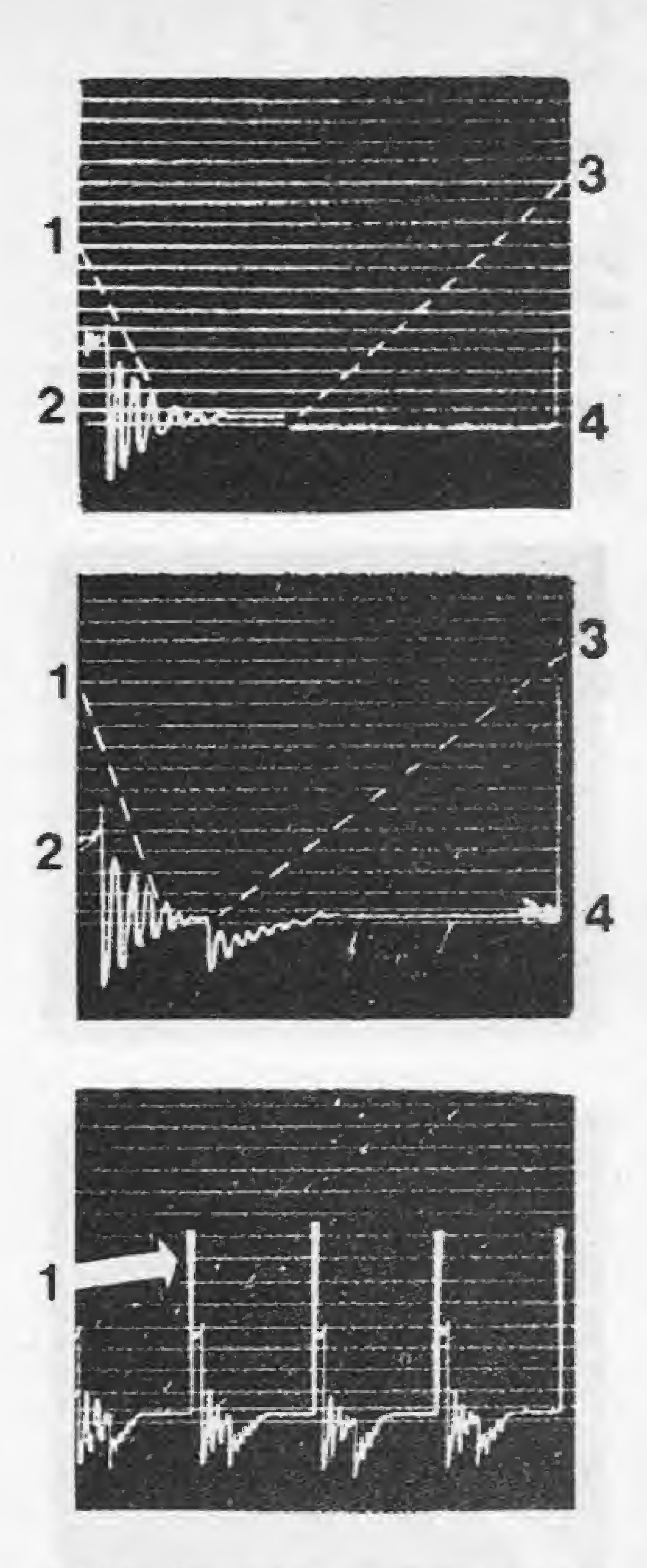
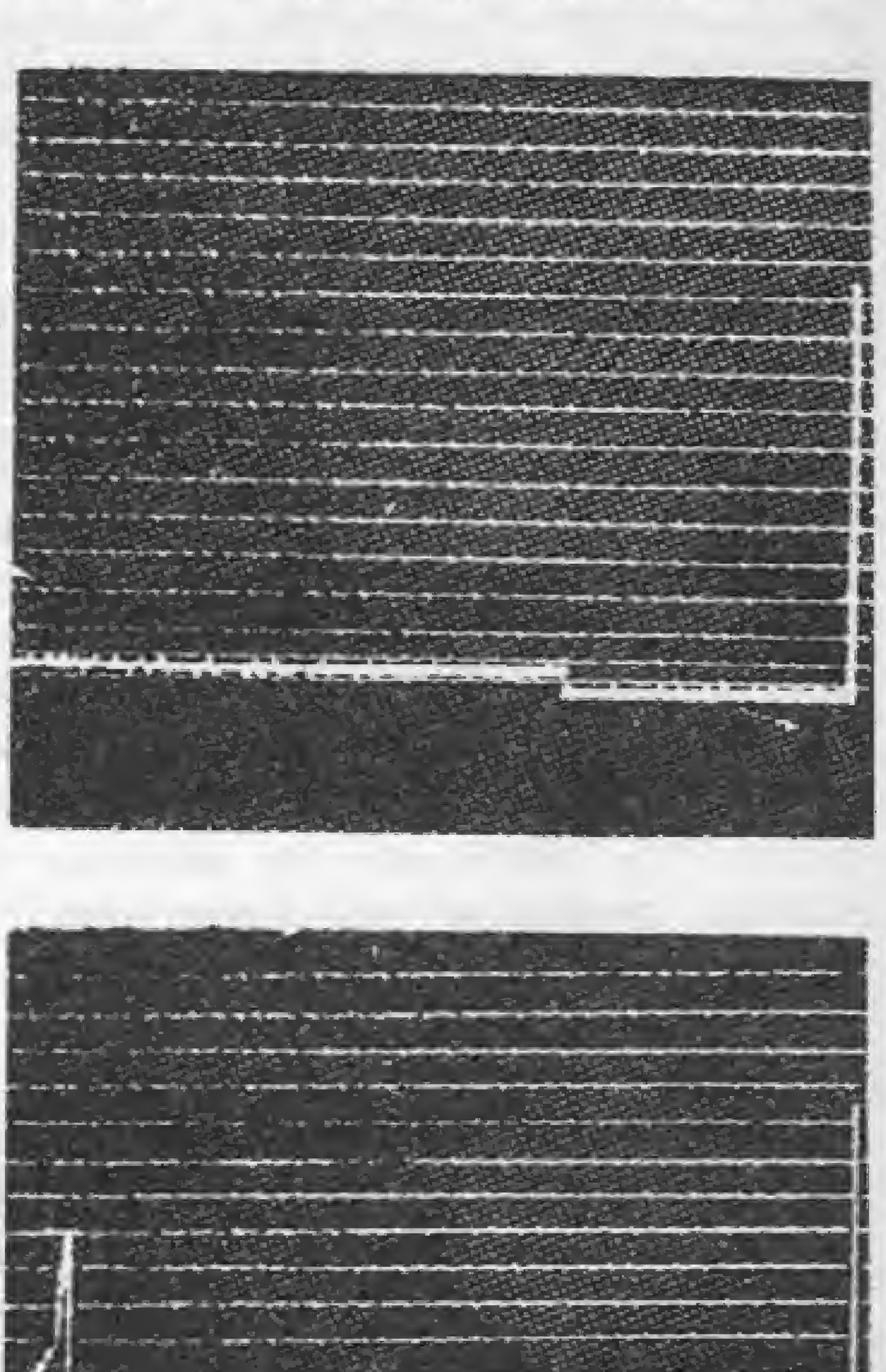


Fig. 132. Oscilogramas con encendido tradicional. El primero se ha obtenido del circuito primario; el segundo osciloglama corresponde al secundario y el tercero del conjunto de los cuatro cilindros. El significado de los números se explica en el texto.

SISTEMA DE IGNICION TRANSISTORIZADA

Oscilograma primario

La mayor diferencia que hay entre la ignición tradicional y la ignición a transistores se revela claramente en los oscilogramas del circuito primario. En efecto, ahora no se produce casi la oscilación amortiguada producida por el conjunto condensador-in-



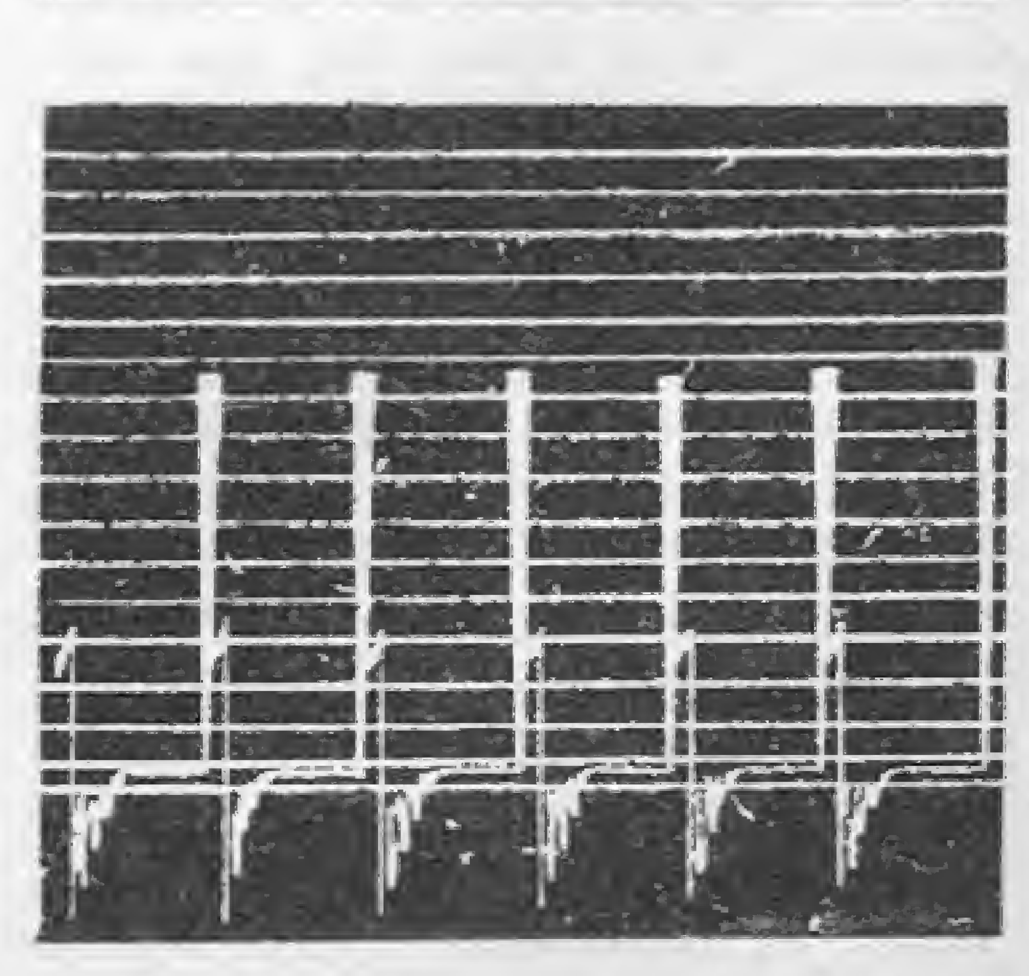


Fig. 133. Oscilogramas con ignición transistorizada. El primero corresponde al primario; el segundo oscilograma se ha obtenido del secundario y, el tercero, corresponde al conjunto de los seis cilindros de ese motor.

ductancia de la bobina, y, en cambio, la línea indicadora de la producción de la chispa es más larga.

El primer oscilograma de la figura 133 corresponde al circuito primario de un sistema de ignición a transistores (TAC). Observemos la diferencia con el primer diagrama de la figura 132, que representa el oscilograma del primario del sistema tradicional: no vemos la influencia inductiva del secundario sobre del primario; pero, en cambio, sí está bien claramente marcado el punto de cierre de los contactos del ruptor con la abrupta rotura y desplazamiento de la traza horizontal, más abajo, continuando hasta producirse el punto de apertura de los contactos. Estos puntos de referencia permiten medir los ángulos de apertura y cierre de los platinos y, además, revelar si hay algún defecto si tal línea no apareciera en la pantalla, en cuyo caso, puede ser debido a uno de los tres motivos siguientes: 1) la superficie de los platinos no está bien pulida y tiene protuberancias y cráteres que establecen contactos inadecuados; 2) los bornes que conectan la batería están oxidados, sucios o hacen mal contacto; 3) se ha sacado el capacitor o está averiado.

Oscilograma secundario

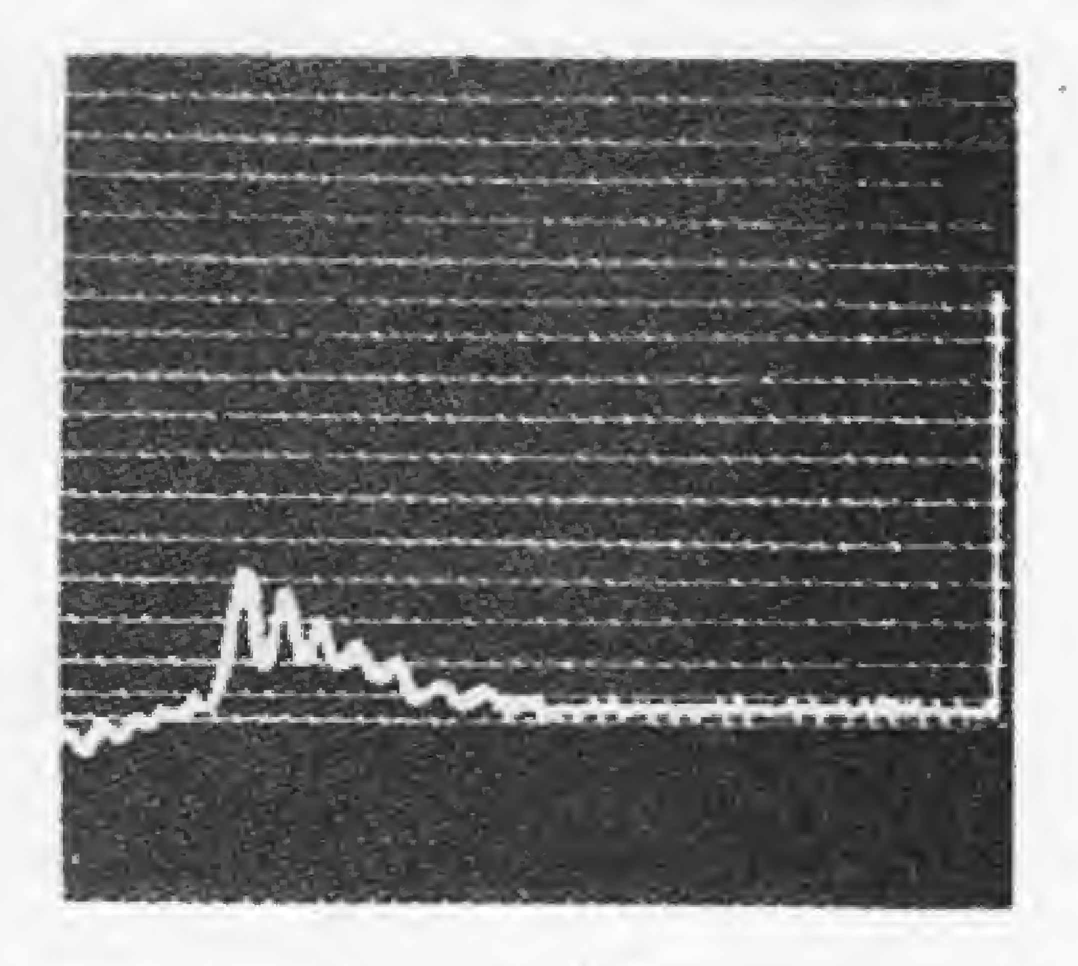
Está representado en el segundo diagrama de la figura 133. Las diferencias con el segundo diagrama de la figura 132, representativo del sistema tradicional, son muy pocas, siendo las principales que las oscilaciones amortiguadas producidas por el sistema bobina-condensador son ahora más reducidas; en cambio, son mayores las que se producen al cerrarse los contactos.

Comparando este oscilograma con el de ignición tradicional, es posible deducir numerosas causas de mal funcionamiento, entre las cuales pueden citarse las siguientes: 1) inversión de las conexiones de la bobina; 2) circuitos abiertos; 3) resistencia excesiva en serie, producida por un mal contacto, etcétera; 4) cortocircuito en la parte indicada en el oscilograma, etcétera.

IGNICION A IMPULSOS MAGNETICOS

Oscilogramas primario y secundario

Están representados en la figura 134. En el primero, correspondiente al circuito primario, vemos en el extremo izquierdo la oscilación amortiguada producida por el capacitor y la inductancia de la bobina, no habiendo, por supuesto, el punto indicativo del cierre de los contactos del ruptor pe-



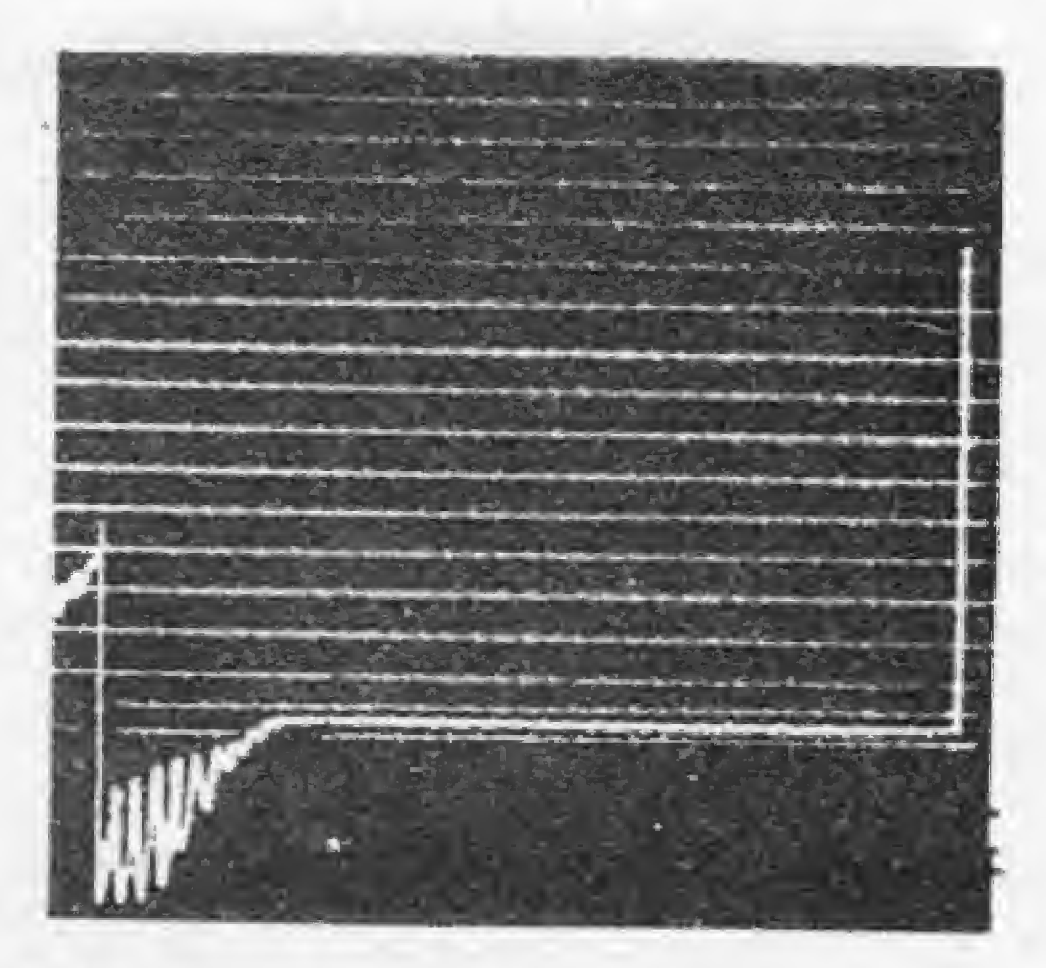


Fig. 134. Oscilogramas de un sistema de ignición a impulsos magnéticos. El primer oscilograma corresponde al circuito primario, mientras que el segundo se ha obtenido en los bornes del secundario.

ro si indica el oscilograma el impulso introducido por la señal del "captador", cuya misión es gobernar el amplificador de impulsos magnéticos. Esta señal aparece como una oscilación amortiguada que continúa luego con una traza rectilínea que indica el tiempo de formación del campo magnético por el paso de la corriente de la batería a través del primario, hasta producirse la chispa.

El segundo oscilograma de la figura 134 se refiere al circuito secundario. Con respecto de los oscilogramas secundarios de los otros dos sistemas estudiados vemos que la diferencia esencial es que ahora no se señala el cierre de los contactos del ruptor. Sólo vemos la producción de la chispa, a la izquierda, la abrupta caída de tensión y seguidamente la oscilación amortiguada por la inducción de corriente del secundario sobre del primario al disiparse el campo magnético.

El uso del osciloscopio para analizar el funcionamiento de los motores térmicos es una necesidad cuando se quieren obtener resultados precisos.

Capítulo II

INYECCION DE GASOLINA

En los automóviles siempre se consideró que había dos elementos que era conveniente perfeccionar: la dínamo y el carburador. Veamos cómo, actualmente, se han solucionado estos dos problemas.

La dínamo, después de más de medio siglo de reinado indiscutible a pesar de sus inconvenientes, actualmente ha sido sustituida por el alternador en la mayoría de coches fabricados desde 1965. Sus ventajas son tan grandes con respecto de la dínamo y su funcionamiento prácticamente sin averías, que puede decirse que el problema de la generación de la energía eléctrica en los automóviles ha sido resuelto.

El segundo problema, la alimentación del combustible a los cilindros mediante el carburador, se ha tratado de resolver mediante carburadores múltiples y numerosas disposiciones muy ingeniosas. Adolece de muchos defectos que no han podido ser superados por la sencilla razón de que son consecuencia de su mismo funcionamiento. El carburador, aunque da resultados aceptablemente buenos cuando el coche viaja por carretera, a velocidades más o menos constantes, no tiene la suficiente flexibilidad cuando se circula por lugares de mucho tránsito, como ocurre en las ciudades. En estos casos la mezcla no es apropiada, la combustión es incompleta y salen por el tubo de escape gran cantidad de gases tóxicos que respiramos.

Viendo que el carburador ya no podía perfeccionarse más se recurrió a una solución drástica: se lo suprimió. Pero era necesario enviar combustible a los cilindros, adoptándose entonces el procedimiento de inyectar gasolina directamente a los cilindros, o al múltiple de admisión, habiéndose adoptado varias disposiciones, que veremos ahora.

La inyección de gasolina en los automóviles no es nueva. Ya la encontramos en el año 1954, y desde entonces, en distintas tentativas, ha sido empleada, especialmente, en los autos de competición y tipo sport.

En sus comienzos, fue la Mercedes Benz la que adoptó en algunos de sus modelos el equipo de inyección de gasolina, fabricado por Bosch. En realidad, este equipo era derivado del inyector de gasoil de los motores Diesel, que la Compañía Bosch ya había perfeccionado a un grado superlativo, perfecto. Era de inyección directa al cilindro (similar a los diesel) pero ofrecía un grave inconveniente, que esa gasolina, al tocar las paredes de los cilindros, diluía en parte la lubricación (aceite) de las paredes, cosa que no ocurre en los motores diesel porque el gasoil no diluye el aceite sino que, por el contrario, lubrica. Este inconveniente se subsanó tomando formas especiales de lubricación. No obstante, se evitó con la inyec-

ción indirecta, como veremos seguidamente.

Inyección directa

Este método, que ya no se usa, fue empleado en los coches de competición, en el año 1954, con un resultado sorprendente, pues se llegan a obtener más de 100 HP por litro de cilindrada. Se comprende que tal "performance" causó el asombro del mundo automovilístico de esa época. El procedimiento es sencillo: consiste en introducir en el cilindro una rápida inyección de gasolina, de algunos milímetros cúbicos, a una presión muy elevada, de unas 40 atmósferas, en el preciso instante en que el pistón está en el punto superior de su carrera. La explosión es instantánea y la potencia mecánica que se produce es extraordinaria, realizándose este proceso aun a altas velocidades, de más de 150 revoluciones por segundo o sea unas 40 inyecciones durante este corto tiempo.

Inyección indirecta

Se efectúa fuera del cilindro, lo más cerca posible de la válvula de admisión, de suerte que cuando ésta se abre recibe la inyección del combustible, el cual es enviado, por medio de una bomba compresora, a una presión de unas 15 atmósferas, a los inyectores.

Este sistema de inyección, aunque tiene un rendimiento algo inferior al de inyección directa, da resultados muy satisfactorios, siendo actualmente el único empleado. Este método tiene algunas variantes importantes, que describimos a continuación.

En todos los casos se utilizan inyectores que son los encargados de dosificar la cantidad de gasolina y, además, situar la inyección en el sitio correspondiente. Veamos los principales métodos empleados, en todos los cuales la gasolina es enviada, a presión mediante tuberías, desde una bomba accionada eléctricamente, hasta los inyectores:

1º) Inyección continua y constante ante las válvulas de admisión, teniendo un inyector por cada cilindro. Se utiliza en coches tipo sport.

2º) Inyecciones intermitentes de la gasolina, mientras están abiertas las válvulas de admisión de cada cilindro. Con este método cada inyección está dosificada y sincronizada con la marcha del motor.

3º) La bomba mantiene en un depósito la gasolina a presión de donde es distribuida a los inyectores, colocados ante las válvulas de admisión, que inyectan el combustible en los momentos en que están abiertas.

4º) La gasolina es enviada a los inyectores, impulsada por la bomba. Los inyectores dan un pulso de inyección, a cada vuelta del eje motor, sin tener en cuenta cuándo las válvulas se abren o cierran. Este sistema tiene la particularidad de que siempre hay disponible, ante cada válvula de admisión, cierta cantidad de combustible. Los resultados obtenidos son tan satisfactorios que es el que ha adoptado Mercedes Benz y construido por Bosch bajo la denominación de "equipo de inyección indirecta no sincronizada".

Siendo este método el que mejor ha respondido prácticamente, vamos a describirlo siguiendo la información técnica de Bosch y Mercedes Benz.

El conjunto de la instalación se representa en la figura 135, al pie de la cual se indican los distintos elementos que la componen. Se trata del motor Mercedes Benz que funciona con el sistema de inyección intermitente de bencina en el tubo de aspiración.

Descripción general

La bomba eléctrica de alimentación aspira gasolina del depósito, a través de un filtro de malla finísima, para enviarla a la bomba de inyección, colocada junto al motor. Esta bomba comprime el combustible y lo envía a dos grupos de dosificadores (nº 5 de la figura 1). De estos dosificadores la gasolina es inyectada a los

conductos de aspiración mediante los inyectores, 19, cada uno de los cuales sirve para alimentar tres cilindros.

Con el aire aspirado, la gasolina inyectada forma una mezcla (en parte en los tubos de aspiración y en parte en los cilindros), la cual se enciende cuando el pistón alcanza el punto superior, en el periodo de compresión, de aire, mediante uno de los sistemas convencionales de bobina elevadora de tensión, distribuidor y bujía.

En la figura 136 se representan las diversas interconexiones eléctricas de la instalación relacionadas con el conjunto de la figura 135, por intermedio y sobre del contacto 50 del conmutador encendido-arranque.

Todos los accesorios del sistema de inyección tienen por objeto realizar un dispositivo de arranque, por la riqueza de la mezcla, aun en las temperaturas más bajas. El termocontacto, 6, se cierra cuando la temperatura del agua de enfriamiento tiene menos de 45°; el contacto de tiempo, 25, permanece cerrado sólo durante un segundo si no pasa corriente por

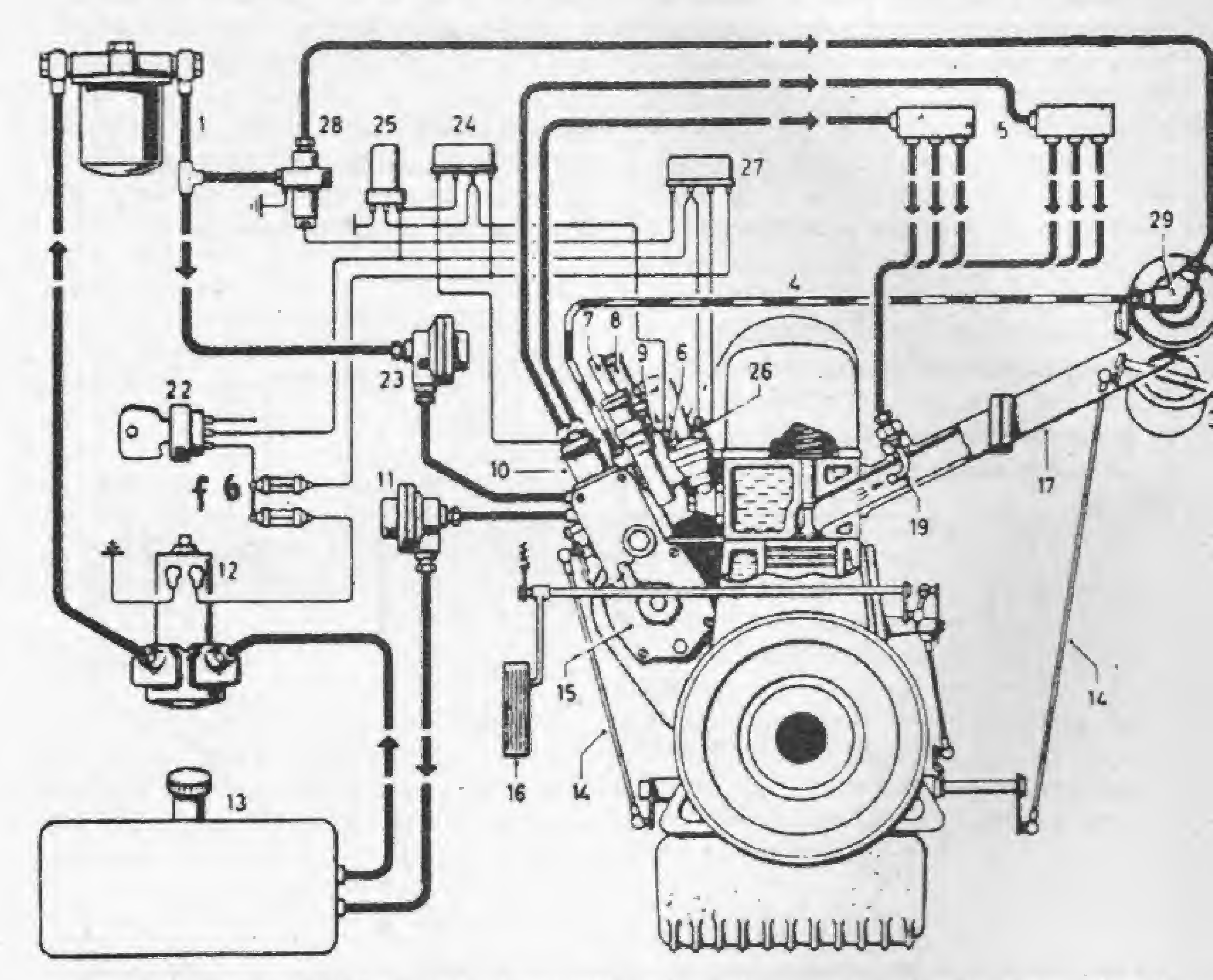


Fig. 135. Esquema general de la instalación del sistema de inyección indirecta no sincronizada construido por Bosch, para coches Mercedes Benz: 1, filtro fino del combustible; 2, filtro del aire; 3) cuerpo del regulador del paso de aire (mariposa); 4, tubo del aire adicional; 5, Grupo de distribución de la gasolina; 6, par térmico para la puesta en marcha del motor, en frío; 7, bulbo termostático del aire de admisión; 8, detector termostático del agua de enfriamiento; 9, elemento para la corrección de la presión atmosférica; 10, electroimán para la puesta en marcha en frío; 11, compensador de presión sobre el tubo de retorno de combustible al depósito; 12, bomba del combustible; 13, tanque de gasolina; 14, varilla para la regulación; 15, bomba de inyección; 16, pedal del acelerador; 17, tubo de la aspiración; 18, botón de la puesta en marcha; 19, inyector; 20, bujía; 21, motor; 22, conmutador de puesta en marcha; 23, compensador de presión en el tubo de llegada de la bencina; 24, relé; 25, relé con retardo para el electroimán de puesta en marcha en frío; 26, contacto térmico con retardo para el dispositivo de puesta en marcha complementario; 27, relé; 28, válvula eléctrica de puesta en marcha. 29, pulverizador.

su devanado y, finalmente, el contacto 26 se cierra solamente cuando la temperatura es inferior a 5° C.

Funcionamiento

El pedal acelerador, 16, acciona una transmisión reguladora, 14, que está unida por una parte a la palanca de regulación de la bomba de inyección, 15, y por otra parte a la mariposa, 3, del conducto de admisión. Cuando se pisa el pedal acelerador, se aumenta el combustible, de la bomba de inyección sale más combustible y la mariposa 3 se abre proporcionalmente.

es regular la cantidad de combustible según sea la densidad del aire. Este regulador cumple sus funciones especialmente cuando se viaja por lugares de gran altura, de forma que el motor funciona perfectamente, compensando la poca presión del aire.

Cuando la temperatura del agua es inferior a 45° C el contacto térmico, 6, permanece abierto. Si en estas condiciones es accionado el motorcito de arranque se acciona el relé, 24, pasando entonces la corriente del borne, 50, del conmutador de encendido, 22, a los bornes 85 y 86 del relé, a la masa del contacto térmico, 6.

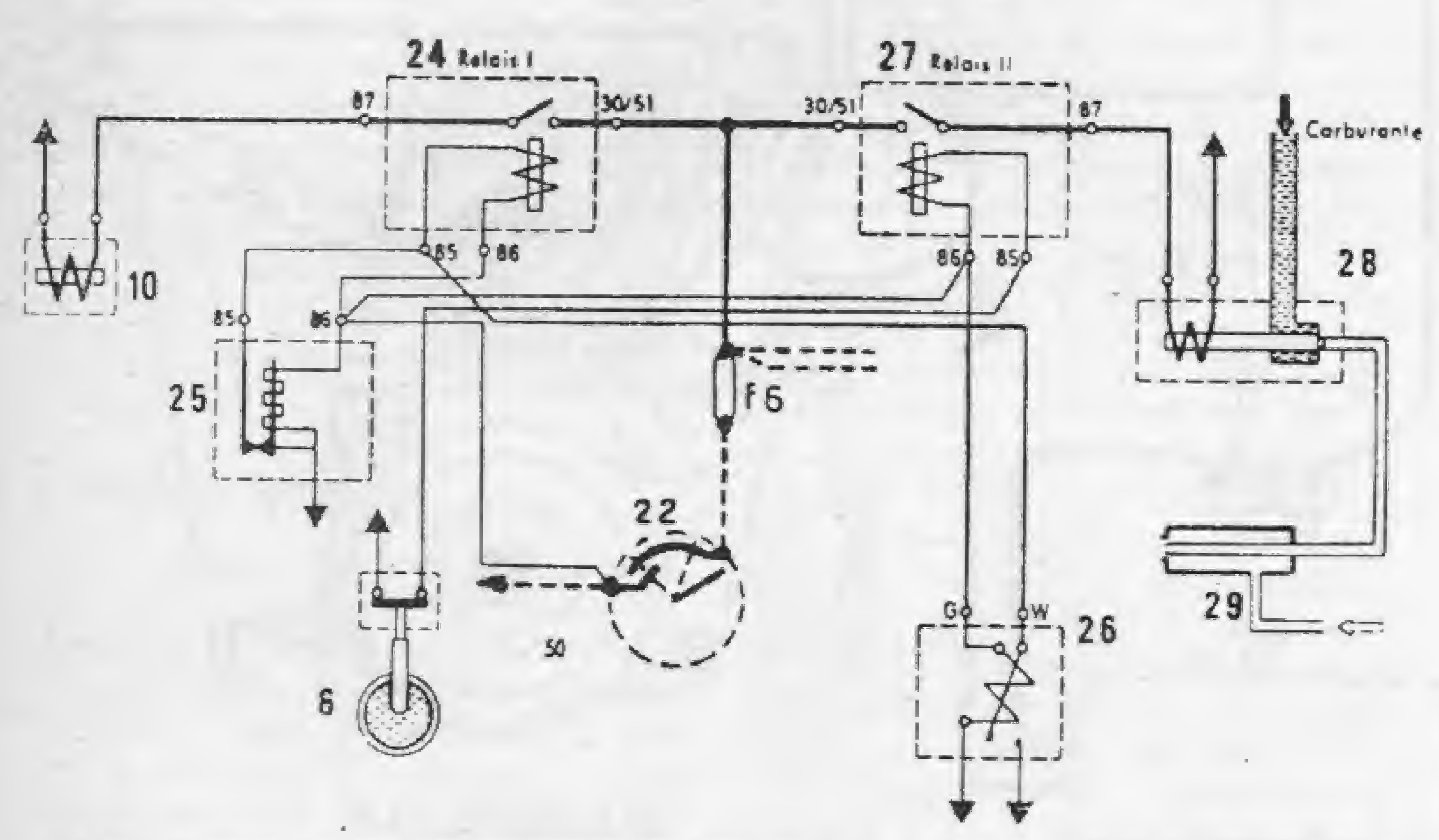


Fig. 136. Esquema de las interconexiones del dispositivo de puesta en marcha del motor térmico con el esquema general de la instalación. Las referencias numéricas corresponden con las de la figura anterior: 6, termocontacto del electroimán para la puesta en marcha en frío; 10, electroimán para el arranque, en frío (bomba de inyección); 22, conmutador del encendido y de la puesta en marcha; 27, relé; 28, electroválvula del arranque; 29, pulverizador (con tubo de admisión de aire adicional para arranque en frío); f6, fusible.

El detector de temperatura del agua, 8, intercalado en el circuito de enfriamiento, produce un enriquecimiento de la mezcla aire-gasolina, que compensa las irregularidades que ocasiona el motor frío. A medida que el motor se va calentando este detector, 8, va reduciendo el enriquecimiento de la mezcla, llegando a interrumpirla cuando la temperatura es de 65° a 70° C.

Montada en la bomba de inyección hay una cápsula aneroide cuya misión

El equipo móvil del relé es atraído y cierra el circuito del electroimán que gobierna el circuito de arranque a frío, 10, que comprende el borne de la bomba de inyección, el fusible f6, bornes 30-51 y 87 del relé y masa del electroimán; el resultado es que la mezcla se enriquece mientras dura la puesta en marcha del motor gracias a la acción de la bomba.

Cuando la temperatura es inferior a 5° C el circuito del detector térmi-

co, 6, permanece abierto como en el caso de temperatura inferior a 45°, pero ahora el dispositivo térmico, 26, al cerrar su contacto por medio del relé, 27, produce la apertura de la válvula de arranque, 28, lo cual provoca un chorro automático de gasolina que facilita el arranque en frío. Esta acción entrega una cantidad suplementaria de combustible que es enviada directamente al conducto de aspiración por medio de la bomba de alimentación, pero, sin pasar por la bomba de inyección, luego se mezcla con la corriente del aire.

Si el arranque del motor no se produce durante algunos segundos de actuar la disposición anteriormente descrita, lo cual depende de la temperatura del agua de enfriamiento del motor, entonces el interruptor térmico, 26, deja de actuar, impidiendo el paso de la gasolina en el conducto de admisión. No obstante, el aire adicional continua fluyendo hasta que se haya completado, en frío, la puesta en marcha del motor.

Conclusiones

El "Sistema de inyección indirecta no sincronizada" ofrece varias ventajas con respecto del carburador, entres las cuales mencionaremos las siguientes:

1) Para un mismo modelo de motor produce un aumento de potencia comprendida entre el 10 % y el 20 %.

2) Se obtiene una economía de combustible del orden del 10 %.

3) El coche tiene mayor suavidad en las aceleraciones, pasándose, con mayor rapidez y en directa, de 600 a 6 000 revoluciones sin que se produzcan sacudidas ni vibraciones.

4) Puede aumentarse la compresión en aproximadamente un 20 %, lo cual permite aumentar la potencia del motor.

5) La economía que se obtiene de combustible es notable debido a que en el momento en que se levanta el pie del acelerador deja de fluir la gasolina, cosa que no ocurre con los carburadores, pues siempre hay un paso de combustible, por pequeño que sea.

Por muy importantes que sean todas las ventajas obtenidas, se ha tratado de superarlas, dedicándose ahora la atención a perfeccionar este sistema de inyección y combinarlo, electrónicamente, con el encendido. El resultado de estas investigaciones ha sido la creación, por Bosch, del sistema de la "Inyección de gasolina con mando electrónico", que vamos a describir a continuación.

Capítulo III

INYECCION DE GASOLINA CON MANDO ELECTRONICO

Ya hemos considerado las ventajas que tiene el sistema de inyección de gasolina con respecto del universalmente empleado hasta ahora, a base del carburador. No obstante, el sistema que hemos descrito ha sido perfeccionado por realizarse los diversos mandos electrónicamente.

El sistema que ahora vamos a describir ha resuelto el problema del consumo mínimo de combustible en las más diversas condiciones de funcionamiento del motor, adaptándose al intenso tránsito de los grandes centros urbanos, con el mínimo de emanación de gases y una constante regulación, exacta, del consumo según sean las exigencias del funcionamiento del motor a cada instante.

Las ventajas que ofrece este sistema de mando electrónico son las siguientes:

1) Mayor potencia por litro de cilindrada.

2) Más potencia cuando el motor funciona a pocas revoluciones, lo cual es muy importante en sitios de tránsito denso.

3) Los gases de escape son menos tóxicos por haberse realizado totalmente la combustión de la gasolina (dosificación exacta).

4) No existe mando mecánico; todo se realiza electrónicamente.

5) Los componentes adicionales de este sistema ocupan muy poco espacio.

6) Menor consumo de combustible.

Este gran problema ha sido resuelto por Bosch, en una forma completa y perfecta, con la inyección de gasolina en el colector de admisión con mando electrónico.

La descripción que sigue se hace en base a la información que hemos recibido de la Compañía Bosch, gracias a cuya colaboración podemos dar a nuestros lectores lo más moderno y perfecto que existe sobre este importante tema.

INSTALACION GENERAL

El conjunto de la instalación se representa en la figura 137. Se compone de dos partes fundamentales: 1) el conjunto de dispositivos que constituyen, como finalidad, la dosificación y entrega del combustible; 2) el mando electrónico, cuya función es realizar diversas operaciones según sean los "datos" que le envían los indicadores de la presión atmosférica, temperaturas del aire, agua de enfriamiento del motor y en el colector de admisión, régimen de trabajo del motor, etcétera.

1) Sección del combustible

Está compuesta de diversos aparatos, indicados en la figura 137, que es conveniente ir viendo dónde están colocados, para así tener una idea más completa de cómo están relacio-

nadas las funciones que cumple cada uno de ellos.

a) Bomba eléctrica de combustible.

b) Filtro, fino, de combustible.

c) Recipiente amortiguador (parcial).

d) Regulador de presión.

e) Válvulas de inyección (una para cada cilindro).

f) Válvula de arranque, en frío.

g) Relé para conectar la bomba.

unos 30 transistores y 40 diodos, interconectados por circuitos impresos, todo contenido en una pequeña caja.

Además de este pequeño conmutador, la sección de mando está compuesta por los aparatos siguientes:

a) El distribuidor de encendido, con contactos de impulsos (distintos de los contactos del ruptor).

b) El detector de presión, situado en el colector de admisión.

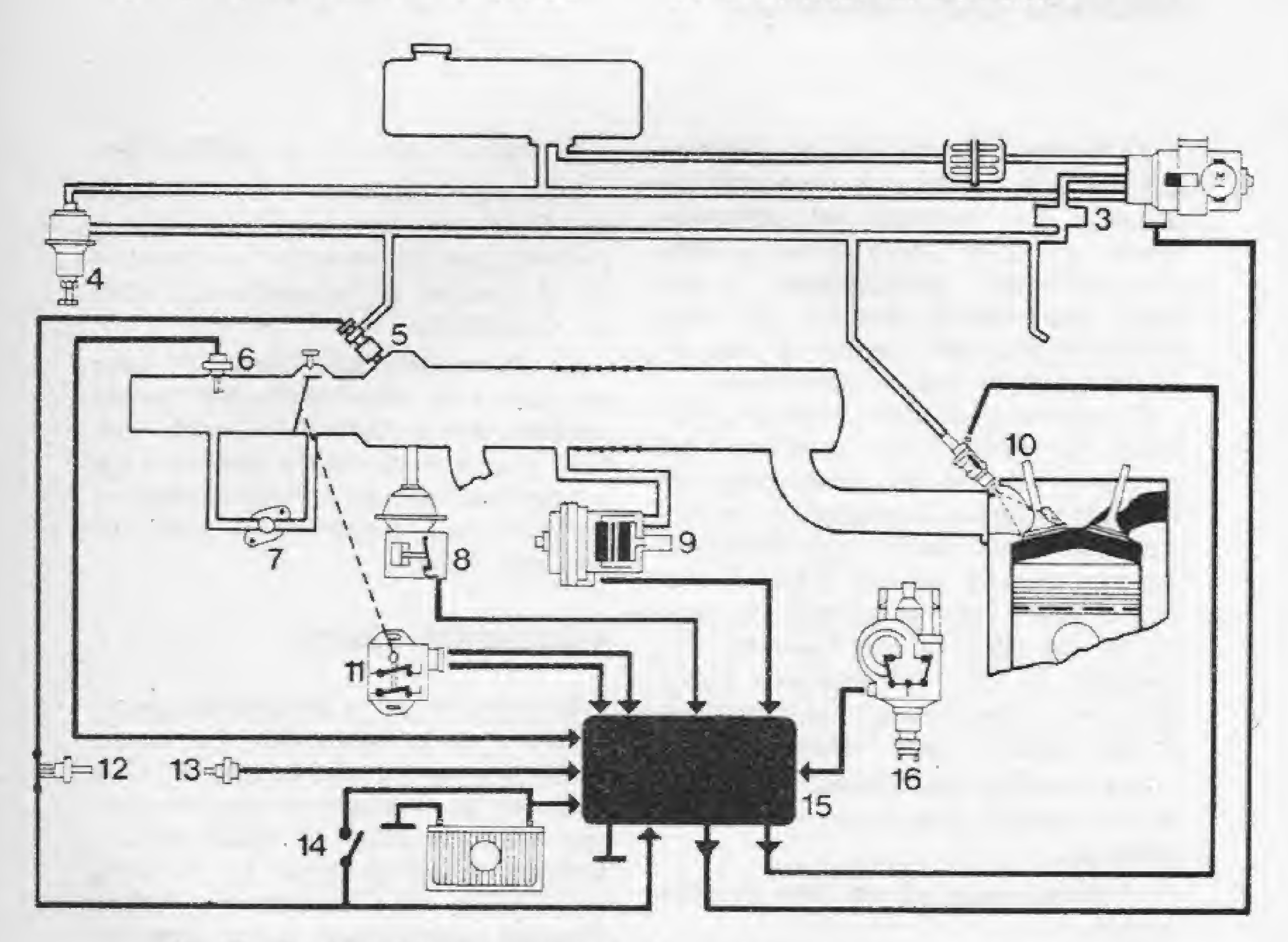


Fig. 137. Representación esquemática de la instalación completa: 1, filtro, 2, bomba; 3, recipiente amortiguador; 4, regulador de presión; 5, válvula de arranque en frío; 6, detector de temperatura en el colector de admisión; 7, Registro de aire adicional; 8, interruptor de presión; 9, detector de presión, 10, válvula de inyección; 11, interruptor de la mariposa de estrangulación; 12, Interruptor térmico; 13, detector de temperatura; 14, interruptor de encendido y de arranque; 15, dispositivo de mando electrónico; 16, distribuidor de encendido con contactos de impulsos.

2) Sección de mando

El elemento principal de esta sección lo constituye el dispositivo de mando electrónico. Es un pequeño conmutador general formado por unos 250 componentes entre los cuales hay

c) Los detectores de temperatura, colocados en el colector de presión y en el agua de refrigeración, o en la culata de los cilindros en los motores refrigerados por aire.

d) El interruptor térmico o el interruptor térmico y de tiempo.

e) El registro de aire adicional.

f) El interruptor de presión, interpuesto entre el colector de admisión y el dispositivo de mando electrónico.

g) El interruptor de la mariposa de estrangulación del paso del aire.

h) Un relé que cierra el circuito que suministra la tensión al dispositivo de mando.

Estos diversos dispositivos cumplen una acción bien definida, incluso varias, algunos de ellos. El conjunto del funcionamiento combinado de todos ellos proporciona, en el instante preciso, la cantidad exacta de combustible en cada cilindro para cada ciclo del funcionamiento del motor.

FUNCIONAMIENTO

Está basado en tres puntos fundamentales:

1) Dosificación de la cantidad de combustible para obtener una mezcla de cualidades óptimas.

2) Forma de inyectar la mezcla combustible-aire ante las válvulas.

3) Circuito del sistema de combustible, desde el tanque a los inyectores

Los trataremos por separado para comprender bien su funcionamiento.

1) Relación combustible-aire

Para que se realice la combustión de la gasolina es necesario que se mezcle con oxígeno, el cual está contenido en el aire. Para que la combustión de la gasolina sea completa es necesario que exista una relación bien definida entre la cantidad de aire y la de combustible. Para el caso de la gasolina es de 14 a 1, o sea, que por 14 kg de aire se requiere 1 kg de gasolina. Si se consigue esta proporcionalidad la combustión es completa y los gases resultantes, que salen por el tubo de escape, son más limpios de componentes tóxicos que envenenan la atmósfera que respiramos.

Si la proporción de gasolina es mayor, la combustión es incompleta y se producen dos efectos: se desperdicia combustible y los gases del escape son nocivos. Si, por el contrario, la mezcla es pobre, o sea menor que la indicada (exceso de aire), entonces disminuye la potencia del motor y, por ser más lenta la combustión, se calienta excesivamente.

Con la inyección de gasolina con mando electrónico se dosifica el combustible en la proporción exacta que requiere el motor para sus distintos regímenes de funcionamiento.

2) Cómo funciona este sistema

La inyección del combustible (mezcla dosificada) se efectúa en el colector de admisión, justo delante de las válvulas de admisión del motor térmico; además, según sea la presión en el colector de admisión y la velocidad del motor, o sea su número de revoluciones, varía su valor.

Aquí interviene un punto clave, puesto que la cantidad de combustible que suministran los inyectores depende de tres factores: a) la sección de paso del inyector; b) la presión que tiene el combustible; c) la duración de la inyección. La sección de paso, ya viene determinada porque depende de la construcción misma del inyector, que está calculado de tal forma que la presión permanezca constante, quedando todo reducido a graduar la duración de la apertura de las válvulas de inyección. Esta duración es, por consiguiente, el punto culminante del sistema, que se obtiene gobernando el dispositivo de mando con datos diversos (que luego comentaremos) que tienen una acción conjunta, de tal manera que el dispositivo de mando transforma en impulsos que determinan, primero, el momento preciso en que debe efectuarse la inyección y, segundo, el tiempo exacto en que deben permanecer abiertas las válvulas de inyección.

3) Circuito del sistema de combustible

El sistema de combustible se realiza formando un circuito cerrado que empieza y termina en el depósito. El ritmo del funcionamiento es el siguiente, representado esquemáticamente en la figura 138.

La bomba eléctrica (1) aspira la gasolina del depósito (3), la cual pasa a través del filtro (2) pasando al tubo distribuidor cuyas derivaciones conducen el combustible a las válvulas de inyección (6). Un regulador de presión (4) mantiene una presión de 2 kg/cm² al combustible, desde donde retorna al depósito el exceso de combustible que pueda haber debido al limitado consumo de las válvulas de inyección (6). En este circuito está intercalada la válvula de arranque (5).

CIRCUITO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

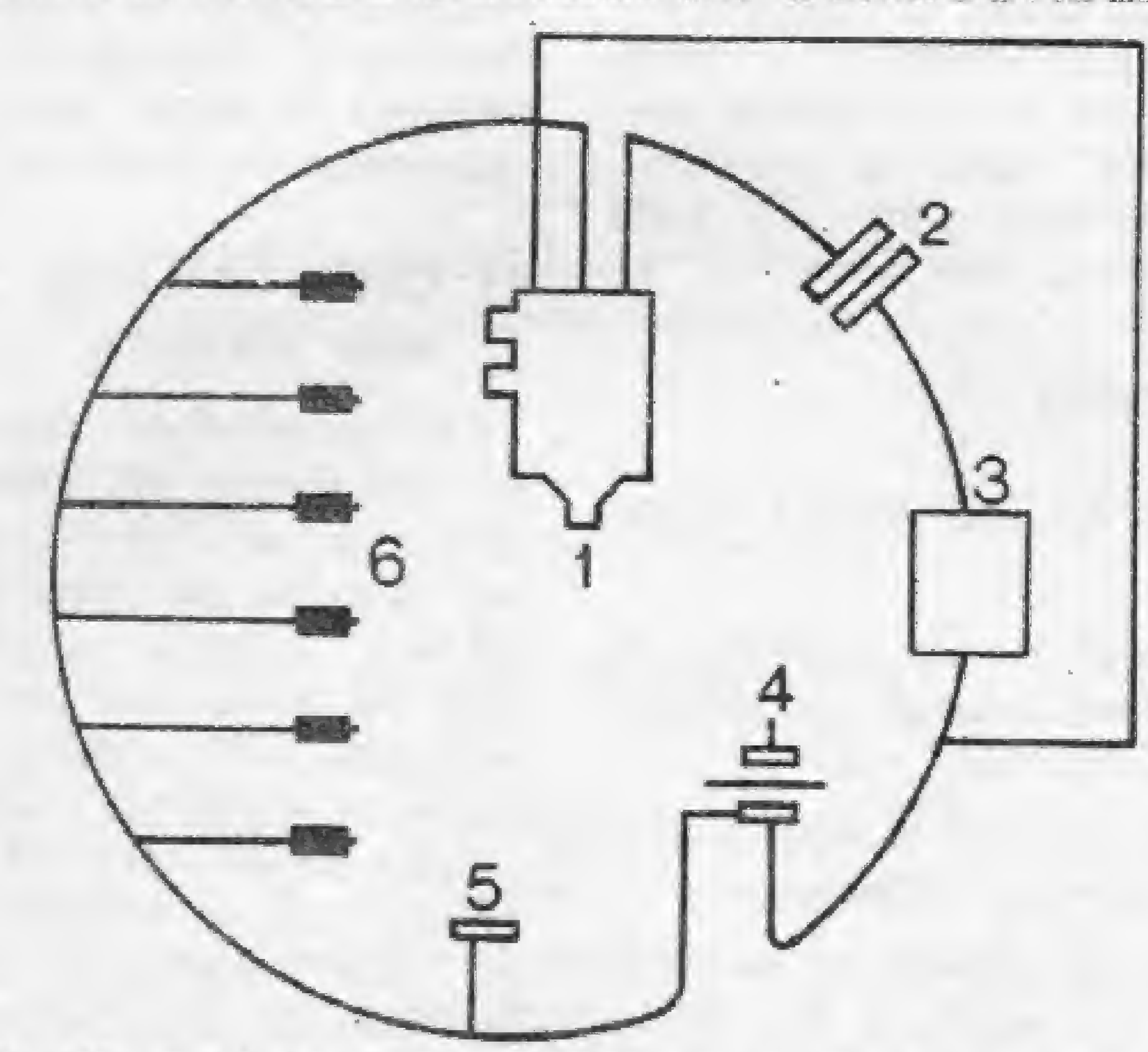


Fig. 138. 1, bomba; 2, filtro; 3, depósito; 4, regulador de presión; 5, válvula de arranque; 6, válvulas de inyección.

Bomba eléctrica de combustible

Esta bomba está accionada por un motor eléctrico cuya misión es triple: aspira el combustible del depósito, eleva su presión y actúa para el retorno al depósito del combustible sobrante. Es accionada por el dispositivo de mando mediante un relé.

La bomba suministra 80 litros de combustible por hora, que es más que suficiente para el consumo del motor. Este exceso facilita que siempre haya una circulación suplementaria que ayuda a que el combustible no se caliente y se formen burbujas de aire.

Al conectar el encendido la bomba se pone en funcionamiento durante un segundo, no volviendo a actuar el relé de puesta en marcha hasta que el motor arranca. Esta disposición hace que si una válvula de inyección se haya averiado, quedando abierta, el cilindro correspondiente se llene de combustible.

Hay todavía otros mecanismos de protección los cuales aseguran que la presión de reserva se mantenga constante en las tuberías de alimentación y, además, si se produce una sobrepresión, se abre una válvula de descarga que permite que el combustible vuelva al depósito.

Amortiguador

Es un recipiente colocado entre la bomba y el regulador de presión. Su

finalidad es amortiguar la producción del ruido que pueda producir el golpeteo del combustible en su desplazamiento por la tubería. Esta cámara intermedia recibe el combustible del depósito y sale hacia el regulador de presión, anulando todo posible movimiento que pueda producir algún ruido.

Filtro de combustible

Tiene por objeto filtrar el combustible de toda posible partícula extraña que pueda contener, que podría ocasionar irregularidades en el funcionamiento de las válvulas de inyección.

Regulador de presión

Está colocado detrás de las válvulas de inyección, cuya finalidad es mantener constante la presión del combustible para que siempre sea inyectado a una presión de 2 kg/cm². Si sobrepasa este valor, el regulador de presión abre automáticamente un orificio lateral, obstruido por una membrana presionada por un resorte, y parte del combustible sale por este orificio hasta que se restablece la presión de 2 kg/cm². El combustible sobrante vuelve al depósito.

Válvula de arranque en frío

Está colocada en el colector de admisión para inyectar cierta cantidad de combustible suplementario cuando la temperatura es fría. Su funcionamiento se realiza en la puesta en marcha del motor, gracias a lo cual el arranque es mucho más fácil. Esta válvula también se abre por la acción de un impulso eléctrico, inyectándose entonces combustible, muy finamente pulverizado por un inyector especial.

Válvula de inyección

Estas válvulas son accionadas electromagnéticamente, entrando en acción una vez a cada ciclo de trabajo del motor. Esta válvula inyectora está colocada en el canal de aspiración, una por cada cilindro, inyectando el combustible directamente sobre la válvula de admisión.

La construcción de estas válvulas de inyección es de alta precisión mecánica y de mucho ingenio. Dentro del cuerpo se encuentra un devanado que recibe impulsos eléctricos, a una tensión de 3 V, que hacen desplazar una aguja cuya punta obstruye el orificio de inyección del combustible. Esta aguja está gobernada por los impulsos eléctricos procedentes del dispositivo de mando electrónico en el preciso instante requerido y durante un tiempo bien determinado. La carrera de la armadura es del orden de una décima de mm y su tiempo de accionamiento de 1/1 000 de segundo. No obstante, para regular la cantidad de combustible necesaria este tiempo de inyección puede variar entre 2/1 000 a 10/1 000 de segundo. Como precaución adicional, en la entrada de cada válvula de inyección hay un filtro suplementario para detener cualquier impureza que se hubiese podido introducir en los casos de haberse realizado alguna reparación, etcétera.

Para reducir lo más posible los componentes electrónicos, el dispositivo de mando gobierna las válvulas de inyección en grupos de 2 válvulas, de forma que para un motor de 4 cilindros hay 2 grupos de 2 válvulas cada uno, y para un motor de 6 cilindros, 3 grupos de 2 válvulas cada uno, alimentando en todos los casos, cilindros consecutivos. Por consiguiente, sólo dos cilindros reciben directamente el combustible en el período de aspiración mientras que para los otros cilindros restantes el combustible queda almacenado ante las válvulas de admisión, todavía cerradas, y penetra en estos cilindros en la carrera de aspiración siguiente.

4) Mando de la inyección

El distribuidor de la alta tensión (encendido) es igual que en los motores usuales, es decir, posee los contactos del ruptor tradicionales así como los sistemas de regulación del

avance por fuerza centrífuga y depresión. Lo nuevo consiste en que en la parte inferior del eje de este distribuidor hay una leva, de un solo resalte, que acciona dos contactos de impulsos, colocados en el cuerpo del distribuidor, diametralmente opuestos, de suerte que esta leva va accionando, alternativamente, los contactos de impulsos. Estos impulsos son enviados al dispositivo de mando, los cuales cumplen dos misiones bien definidas: a) mandan el comienzo de la apertura de las válvulas de inyección; b) indican el régimen de marcha del motor.

5) Cantidad de combustible inyectada

Depende del tiempo que están abiertas las válvulas de inyección, duración gobernada por el desplazamiento de la aguja colocada en cada inyector.

El mando electrónico es gobernado por distintas magnitudes, el conjunto de las cuales da por resultado la duración de la apertura de las válvulas: este conjunto de valores los recibe el mando electrónico, los combina, y envía el impulso, a la bobina que ya hemos considerado, colocada en el cuerpo de la válvula de inyección. Entre las magnitudes principales que se envían al mando electrónico actúan las siguientes: a) presión en el tubo de aspiración; b) revoluciones del motor. Deben también mencionarse la temperatura del motor y la del aire exterior.

Dispositivo de mando electrónico

Este es, podríamos decir, el "cerebro" de toda la instalación. Está contenido en una caja y como ya se ha indicado, contiene unos 50 componentes, entre ellos unos 30 transistores y 40 diodos. Se conecta por medio de un enchufe que tiene 25 clavijas, quedando así conectado. La tensión que utiliza procede de la batería del coche, pero, aunque fluctúe la tensión, no afecta su buen funcionamiento.

Al conectarse el encendido del motor un relé acciona el mando de la inyección y queda establecido para su funcionamiento. Si la batería es de 12 V el consumo del dispositivo de mando electrónico es de unos 5 A.

Detector de presión

El colector de admisión es el tubo que por un lado recibe el aire de la atmósfera y por el otro lo entrega a los cilindros, teniendo interpuesta la mariposa para regular su cantidad. Es evidente que hasta llegar a la mariposa de estrangulación del aire la temperatura es la del ambiente exterior y la presión del aire es la atmosférica, pero, después de la mariposa, hay una depresión que es regulada, precisamente, por la inclinación de la mariposa. La magnitud de esta depresión da la información de la carga del motor, que es facilitada por el detector de presión el cual está conectado por medio de un tubo al colector de admisión.

El detector de presión contiene también dos barómetros aneroides de los cuales se ha extraído el aire, los cuales mandan, al variar su volumen, un transmisor inductivo conectado a un interruptor electrónico de tiempo.

Según sea la posición de la mariposa, la presión en el colector es baja si está cerrada y más elevada a medida que se va abriendo, siendo esta presión la que hace que el cuerpo de los dos barómetros se dilate o se contraiga, efecto que se utiliza para graduar el tiempo de inyección de las válvulas inyectoras.

Como sea que el detector de presión mide la presión absoluta que hay en el colector de admisión, es evidente que tiene una importancia muy grande para graduar la cantidad de combustible inyectado en los cilindros según que se viaje por alta montaña (baja presión), estado del tiempo (presión atmosférica) o del estado del filtro de aire.

Al llegar a este punto conviene tener en cuenta dos hechos fundamentales:

a) El *comienzo* de la inyección es gobernado por los contactos de impulsos, dispuestos en la parte inferior del distribuidor de encendido.

b) El *final* de la inyección, o sea la cantidad de combustible inyectado, es mandado por el detector de presión mediante el interruptor electrónico de tiempo, situado en el dispositivo de mando.

Detectores de temperatura

Se componen de una especie de cartucho metálico de resistencia con coeficiente negativo, de forma que al aumentar la temperatura su resistencia disminuye.

Los detectores de temperatura envían al dispositivo de mando los valores de la temperatura en el agua de refrigeración, o en la culata del motor si es refrigerado con aire. Estos datos son valiosos para diversos fines de la instalación.

Enriquecimiento de la mezcla

Hay tres casos importantes que requieren enriquecimiento de la mezcla. Se refieren a: a) cuando el motor está frío; b) durante el período de calentamiento; c) durante el funcionamiento, a plena carga. Vamos a considerarlos por separado.

a) Arranque del motor frío

Cuando los cilindros, estando sus paredes frías, reciben la mezcla pulverizada, parte del combustible se condensa al ponerse en contacto con las paredes, formando gotitas de gasolina. El resultado es que la mezcla se empobrece y el motor o arranca con dificultad, o no arranca. Para compensar esta deficiencia hay que suministrar un suplemento de combustible a la formación de la mezcla, o sea, enriquecerla, lo cual se efectúa por medio de la válvula de arranque en frío.

El mando de esta válvula no procede del control electrónico sino que lo produce un interruptor térmico y de tiempo que entra en funciones automáticamente al cerrar con la llave el circuito de encendido y poner el motor en marcha. No obstante, este interruptor sólo entra en acción cuando la temperatura del aire es inferior a un determinado valor, mientras que si lo sobrepasa (días templados, o calurosos) no entra en funcionamiento. En los casos que funciona (días muy fríos) permanece funcionando mientras dura el período de arranque.

El interruptor puede tener también un dispositivo que le permite funcionar tal como ya se ha descrito pero que, además, lo abre de nuevo después de un determinado tiempo.

b) Calentamiento del motor

Cuando el motor, frío, ya ha arrancado, la poca cantidad de combustible que recibe en marcha lenta haría que se detuviera bien pronto debido a que la viscosidad del aceite, frío, representa una gran resistencia que no podría vencerse.

Para que esto no suceda, es decir, para que aun estando cerrada la mariposa de estrangulación de aire, el motor siga funcionando en marcha lenta durante este tiempo de calentamiento del motor, recibe más aire así como más combustible. El aire suplementario lo recibe por el registro de aire adicional, bien abierto, mientras el motor está frío. Esto provoca que el detector de presión reaccione a esta variación de presión en el colector de admisión suministrando más combustible al haber más aire, todo lo cual repercute en que los inyectores entregan una cantidad mayor de combustible, o sea que la mezcla se enriquece durante este período de calentamiento del motor.

Cuando el motor se va calentando no se necesita el aire adicional y el registro se cierra. Entonces, los detectores de presión y de temperatura envían a la unidad de mando los datos correspondientes reduciéndose la cantidad de combustible inyectada. El paso de aire adicional queda totalmente cerrado cuando el motor ha adquirido una temperatura de unos 70° C.

c) **Funcionamiento a plena carga**

Funcionando el motor a plena carga, es necesario también enriquecer apropiadamente la mezcla para que rinda el máximo de su potencia. Se obtiene este resultado gracias al interruptor de presión que envía información al dispositivo de mando, que al recibir impulsos prolongados se traducen en un aumento del tiempo de inyección. Según sea la carga que tiene que vencer el motor así también es la duración de la señal enviada que, proporcionalmente, gradúa la duración de la inyección.

Si el motor, funcionando a plena carga, pasa a funcionar en vacío, por ejemplo, cuesta abajo, dejando de apretar el acelerador, el motor es accionado por la inercia del coche, funcionando en marcha forzada en vacío. Como que la mariposa se ha cerrado, al no accionar el pedal acelerador, la señal que recibe el dispositivo de mando, si el motor funciona a más de 1 800 rpm, produce el cierre del mando de combustible y los inyectores permanecen cerrados, disminuyendo por consiguiente la velocidad del coche. No obstante, para que el motor siga funcionando en ralentí, aunque esté cerrada la mariposa que regula la cantidad de aire, el motor vuelve a recibir combustible cuando funciona a unas 1 200 rpm, y en cuanto el conductor pisa el pedal acelerador, nuevamente vuelve a funcionar la alimentación del combustible en forma normal.

Finalmente, nos queda considerar el caso que el motor acelera su marcha al pisar el pedal acelerador. La mariposa se abre, penetra mayor cantidad de aire, el dispositivo adicional del interruptor de la mariposa entra en acción lo cual provoca que el dispositivo de mando envíe impulsos de inyección adicionales.

Resumen

Es bien evidente que el sistema de inyección de gasolina con mando electrónico, creado por Bosch, es un conjunto de mecanismos sabiamente estudiados y combinados sus efectos entre sí de tal forma que constituyen una obra maestra de la ingeniería electrónica.

Capitulo IV

REGULACION ELECTRONICA DE LA DINAMO

Puesto que la dínamo es el generador de la electricidad que consumen todos los sistemas eléctricos de los automóviles en la mayoría de coches del mundo, de cuyo funcionamiento depende el buen rendimiento de la batería, es lógico que haya recibido una atención especial por parte de los ingenieros especialistas, modernizando los métodos antiguos de los reguladores vibratorios, sustituyéndolos por transistores.

El sistema tradicional de regular la tensión generada por una dínamo consiste en intercalar, periódicamente, una resistencia R en el circuito de las bobinas de campo, con lo cual se hace variar la intensidad de la corriente de excitación y, como consecuencia, el valor del campo magnético de los inductores: el resultado es que el inducido genera una tensión directamente proporcional a la intensidad de este campo, proporcionando a la batería una tensión apropiada a su estado de carga (fig. 139).

Este sistema, como todos los que funcionan basados en un sistema vibratorio y contactos, adolece de un defecto similar al que ya hemos considerado con el sistema tradicional de encendido: desarreglos frecuentes, ne-

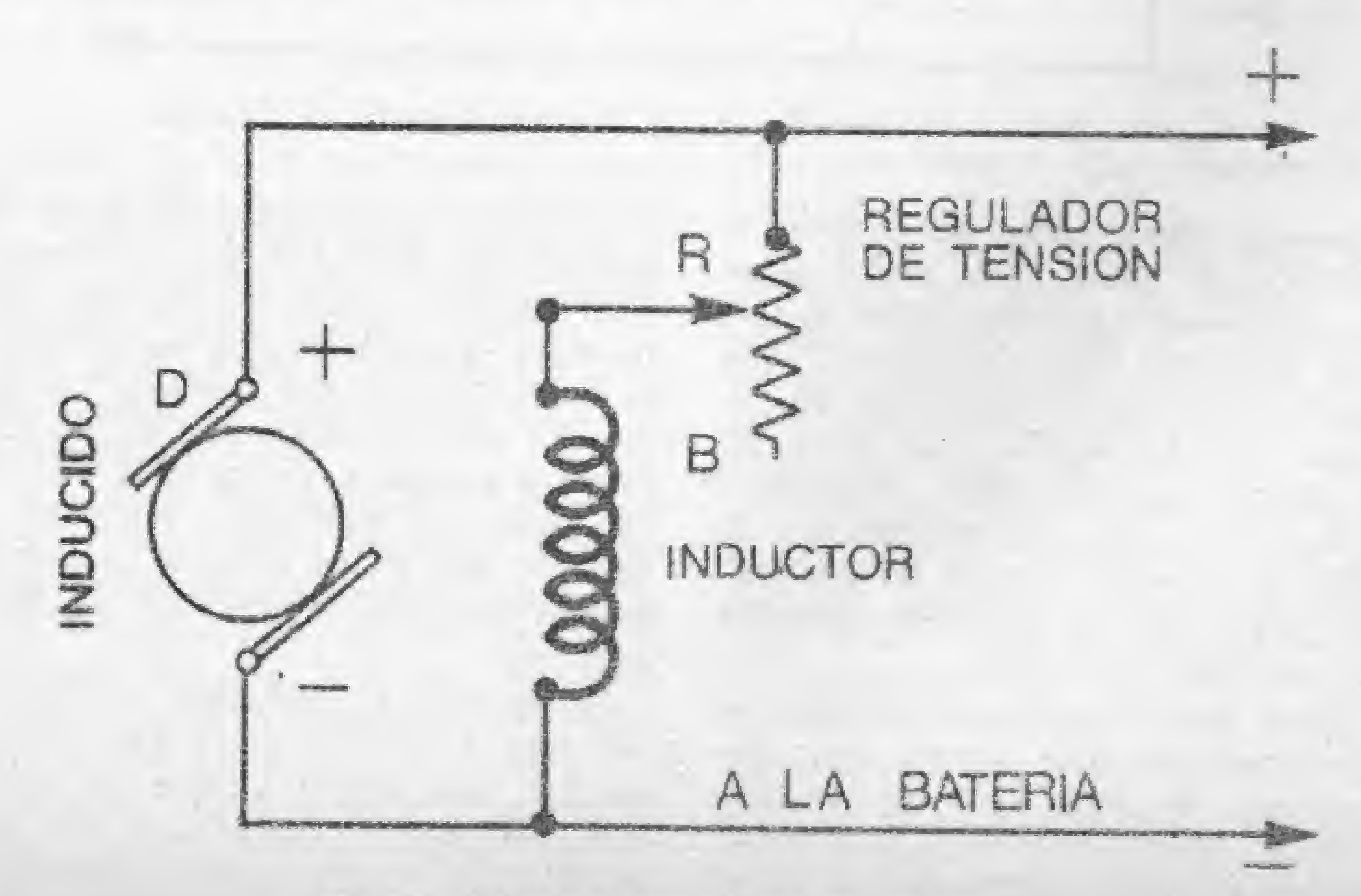


Fig. 139. Método clásico de regular una dínamo.

cesidad de ajustes, inercia del equipo móvil, etcétera. Para evitar esta serie de inconvenientes actualmente se utilizan los transistores que permiten regular la corriente de excitación de la dínamo mediante una débil intensidad de corriente aplicada al circuito de base de un transistor. Gracias a esta disposición entre el emisor y el colector pasa la corriente principal, en serie con el devanado de las bobinas de campo, de suerte que por ellas pasará una intensidad que depende, exclusivamente, del valor de la corriente de base del transistor. La figura 140 ilustra esta parte del sistema.

recinto del motor en cuyas cercanías generalmente está instalada la dínamo. Esto es precisamente lo que se trata de evitar en las aplicaciones de los transistores en automovilismo, ya que es, en última instancia, lo que limita su aplicación práctica.

Recordemos que la corriente de excitación de las dínamos de los coches, gobernada por los reguladores vibratorios, es interrumpida varios centenares de veces por segundo. Por consiguiente la corriente de excitación no es continua sino pulsatoria, aunque, siendo tan rápidas las interrupciones, actúa como si fuese una corriente continua. Recordemos esto y veamos

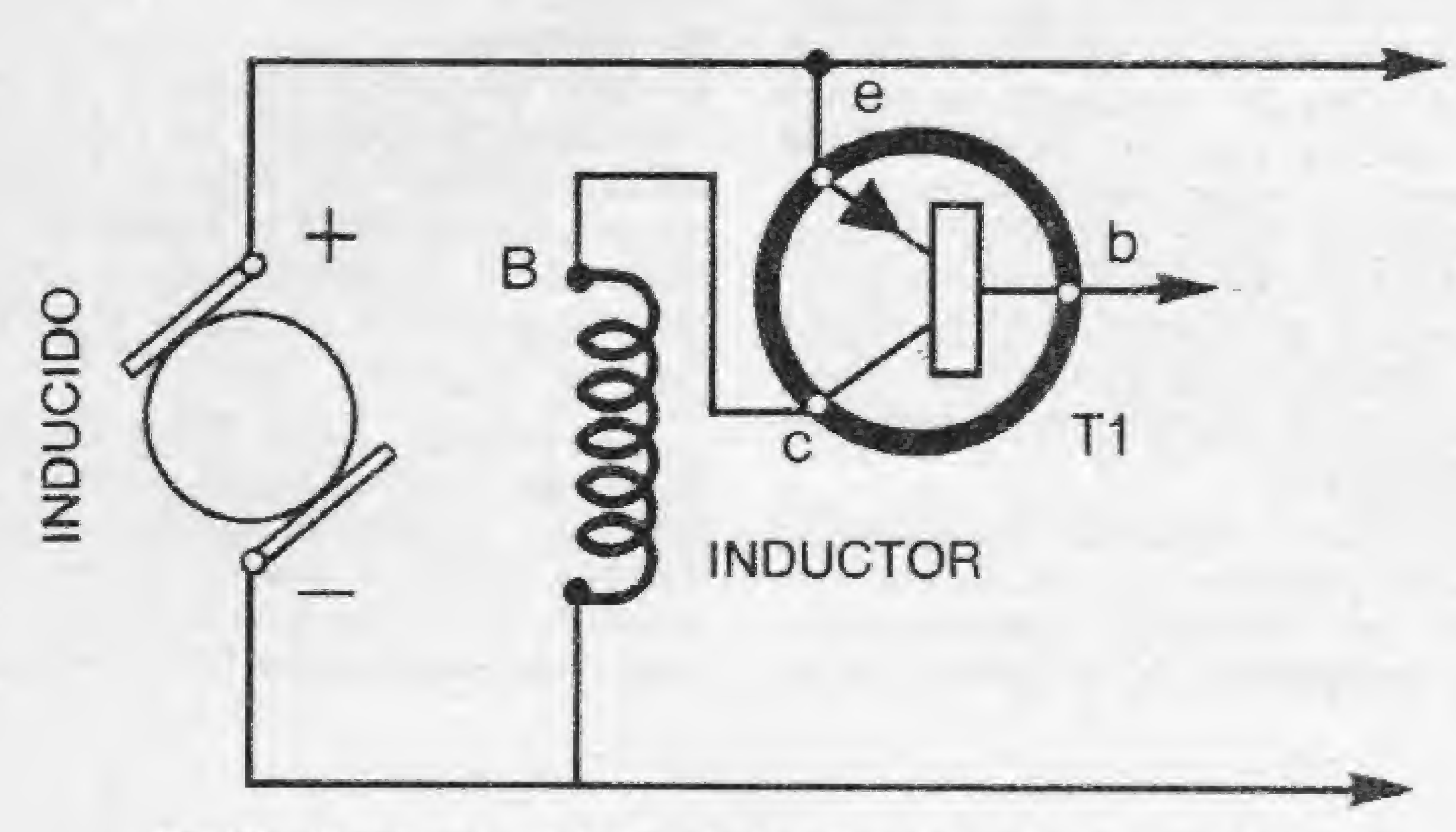


Fig. 140. Sistema de regulación de las dínamos mediante un transistor.

Veamos ahora cómo se obtiene la corriente de base, pero, antes debemos considerar las condiciones en que debe funcionar este transistor. Desde luego es del tipo denominado de potencia, lo cual significa que debe dejar pasar una intensidad importante de corriente que, multiplicada por la caída de tensión, medida en sus bornes, determina la potencia eléctrica que es capaz de disipar.

Ahora bien, la potencia disipada se transforma en calor siendo éste precisamente el punto débil de los transistores, que sólo funcionan satisfactoriamente hasta temperaturas de 80° a 90° C, que reinan fácilmente en el

cómo se ha conseguido salvar el inconveniente de que el transistor tenga que disipar la potencia eléctrica que requiere la excitación de las dínamos, si la corriente fuese continua, es decir, sin interrupciones periódicas: funciona a impulsos, entre cada uno de los cuales el transistor "descansa" y permite que disipe el calor producido por el paso de la corriente de cada impulso.

Resumiendo lo explicado, vemos que se trata de aplicar al circuito de base del transistor una serie de impulsos eléctricos (similares a los que producen los reguladores vibratorios) pero, producidos por un diminuto os-

cilador electrónico, de suerte que puede graduarse a voluntad no sólo su frecuencia sino también el valor de la intensidad del circuito de salida, que se aplica al circuito de base del transistor.

El conjunto del oscilador y resto de este regulador electrónico se indica en la figura 141.

Está compuesto por el rectificador RZ2, cuya finalidad es aislar la batería cuando el coche esté parado, o bien, en el caso que la dínamo, genere una tensión menor que la de la batería. Dicho en otras palabras: sustituye al disyuntor, con la ventaja que no tiene ningún órgano vibratorio y por consiguiente, al no tener platinos, no se produce ningún chispeo; no sólo es muchísimo más seguro sino que hasta es más barato que un disyuntor.

El mando del transistor del oscilador T2 se realiza mediante los elementos representados en la figura 141. Este transistor, en realidad, es el que gobierna todo el sistema, por cuyo motivo puede considerarse el "cerebro" de la instalación.

En este esquema tenemos el diodo Zener Z1, el diodo de silicio D, los resistores R1 y R2, así como el termistor TH, sirviendo el shunt Sh para regular la intensidad de la corriente que pasa por el diodo D.

Veamos ahora cómo actúan los tres elementos fundamentales de este dispositivo de mando.

El diodo Zener funciona a un valor crítico de tensión, Vz, o sea, que actúa como un aislador hasta alcanzar ese valor, y una vez obtenido se vuelve conductor y deja pasar una corriente cuya intensidad llamaremos Iz; en cuanto baja la tensión del valor crítico, Vz, nuevamente funciona como una válvula que interrumpe el circuito.

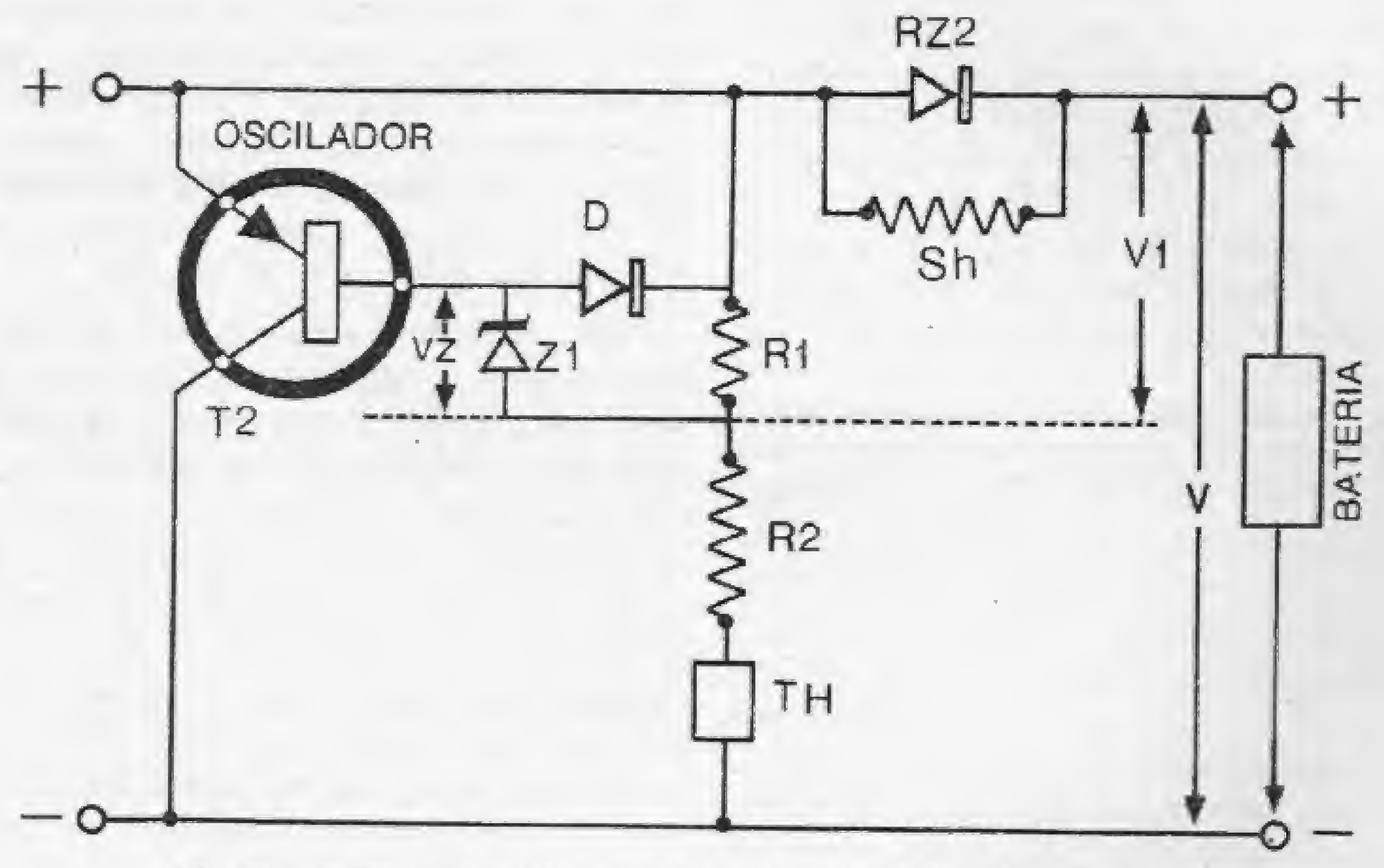


Fig. 141. Sistema completo de regulación electrónica de las dínamos.

El diodo D es del tipo usual, simplemente un diodo de silicio, cuya misión es dejar pasar la corriente en un solo sentido, que no entra en acción hasta que adquiere un determinado valor, muy reducido (de algunas décimas de voltio) desde cuyo instante deja pasar la corriente en el sentido que indica la punta de contacto. Este diodo tiene una característica de funcionamiento vertical, lo cual quiere decir que los valores de la intensidad adquieren bruscamente su máximo y, una vez alcanzado su punto de funcionamiento (voltaje) la intensidad decrece instantáneamente.

El termistor TH no es otra cosa sino un resistor, el valor de cuya resistencia depende de la temperatura que adquiere debido al paso de la corriente a través suyo. La característica de su funcionamiento es una curva decreciente [1], lo cual significa que a medida que aumenta la temperatura va disminuyendo su resistencia óhmica.

Consideremos ahora cómo funciona el conjunto de los tres elementos que hemos descrito cuando varía la tensión, V, de la batería.

Si V aumenta gradualmente, pero, con un valor que la tensión en los bornes de R1, o sea V1, sea inferior a la tensión crítica del diodo Zener, Vz: en estas condiciones la corriente de mando tiene un valor muy pequeño, casi nulo.

Supongamos ahora que la tensión V de la batería aumenta, entonces la tensión V1 (en los bornes de R1) es mayor que la tensión crítica del diodo Zener, pasando por consiguiente la corriente a través suyo, lo cual provoca un aumento de la intensidad de mando rápidamente.

Ahora bien, recordemos que un aumento de la corriente de mando produce una disminución de la corriente que pasa por las bobinas de campo de la dínamo y, por consiguiente, disminuye la tensión que produce.

En resumen: puesto que al aumentar la tensión de la batería se produce una disminución de la corriente de la dínamo, bien vemos que disponemos de un sistema autocompensador. En efecto, si la tensión V de la batería aumentase aún más, también aumentaría la corriente de mando y su consecuencia sería hacer disminuir la tensión generada por la dínamo.

Este ingenioso dispositivo electrónico puede adaptarse a distintos casos que requieren un mando automático de la tensión de un generador.

[1] En mi obra **Elevadores y Estabilizadores de Tensión** describo los diversos elementos que intervienen en los dispositivos electrónicos.

SEXTA PARTE

APLICACIONES DE LA ELECTRÓNICA EN EL AUTOMOVIL

Capítulo I

INDICADORES DIVERSOS

VELOCIMETROS Y TAQUIMETROS

Consideraciones previas

Hay dos clases de instrumentos, los cuales indican velocidades de rotación pero que sirven para finalidades bien distintas. Uno de ellos señala el número de revoluciones por minuto que gira "el eje del cigüeñal": es el taquímetro o cuentarrevoluciones; el otro instrumento señala, a cada instante, "la velocidad del coche en km/hora": es el velocímetro.

Es evidente que estas indicaciones son muy distintas, puesto que un coche puede estar parado (el velocímetro marcará 0 km/h), mientras que el taquímetro puede marcar, por ejemplo, 2 500 rpm, si éste es el número de revoluciones del eje motor en ese instante.

Aclarado este punto vamos a describirlos por separado.

Velocímetros

Los indicadores de velocidad están instalados en el tablero del coche para que el conductor sepa, a cada momento, cuál es la velocidad del vehículo.

Hay dos clases de velocímetros: a) mecánicos; b) electrónicos.

Los velocímetros electrónicos consisten en un generador de electricidad (que puede ser de corriente continua o alterna) y un voltímetro graduado en km/hora.

Los coches de categoría utilizan dos unidades, una denominada "emisor", que es generalmente un pequeño alternador, y el "receptor", colocado en el tablero, que funciona como un motor de corriente alterna cuyo rotor está solicitado a girar por la acción de un campo magnético rotatorio pero que no puede hacerlo libremente por estar retenido por un resorte antagónico; el equipo móvil está graduado de tal forma que el par de fuerzas se equilibra señalando la aguja, fija al eje, la velocidad equivalente del coche.

Son numerosas las soluciones propuestas, todas ellas basadas en los mismos principios, por cuyo motivo no nos detenemos en ampliar estas explicaciones.

Teletaquímetro Fiat

Esta fábrica de automóviles coloca en sus grandes vehículos un equipo muy ingenioso, de funcionamiento seguro, que pasamos a describir. Señala la velocidad del coche y registra los kilómetros recorridos.

Se compone de dos unidades: a) el equipo transmisor; b) el equipo receptor. El conjunto de la instalación está representado en la figura 142.

Equipo transmisor. En el esquema general está representado por el conjunto de la unidad (A). En (1) se indica el alternador mientras que (2) señala la toma de fuerza motriz y

éste es el punto importante de este sistema: el alternador está accionado desde el eje secundario del cambio de velocidades, o sea, que el alternador sólo funciona cuando el vehículo está en movimiento. La unidad (B) está instalada en el tablero del coche: es el equipo receptor del cual nos ocuparemos luego. El ruptor (3) tiene por objeto enviar una serie de im-

El valor de la tensión alterna es proporcional a la velocidad del eje que acciona el rotor. Esta tensión se comunica al velocímetro por medio del conductor GG y un resistor adicional, estando el otro polo constituido por la masa. Esta tensión, alterna, es rectificada por medio de un puente a doble semionda, al cual está conectado un instrumento de bobina móvil.

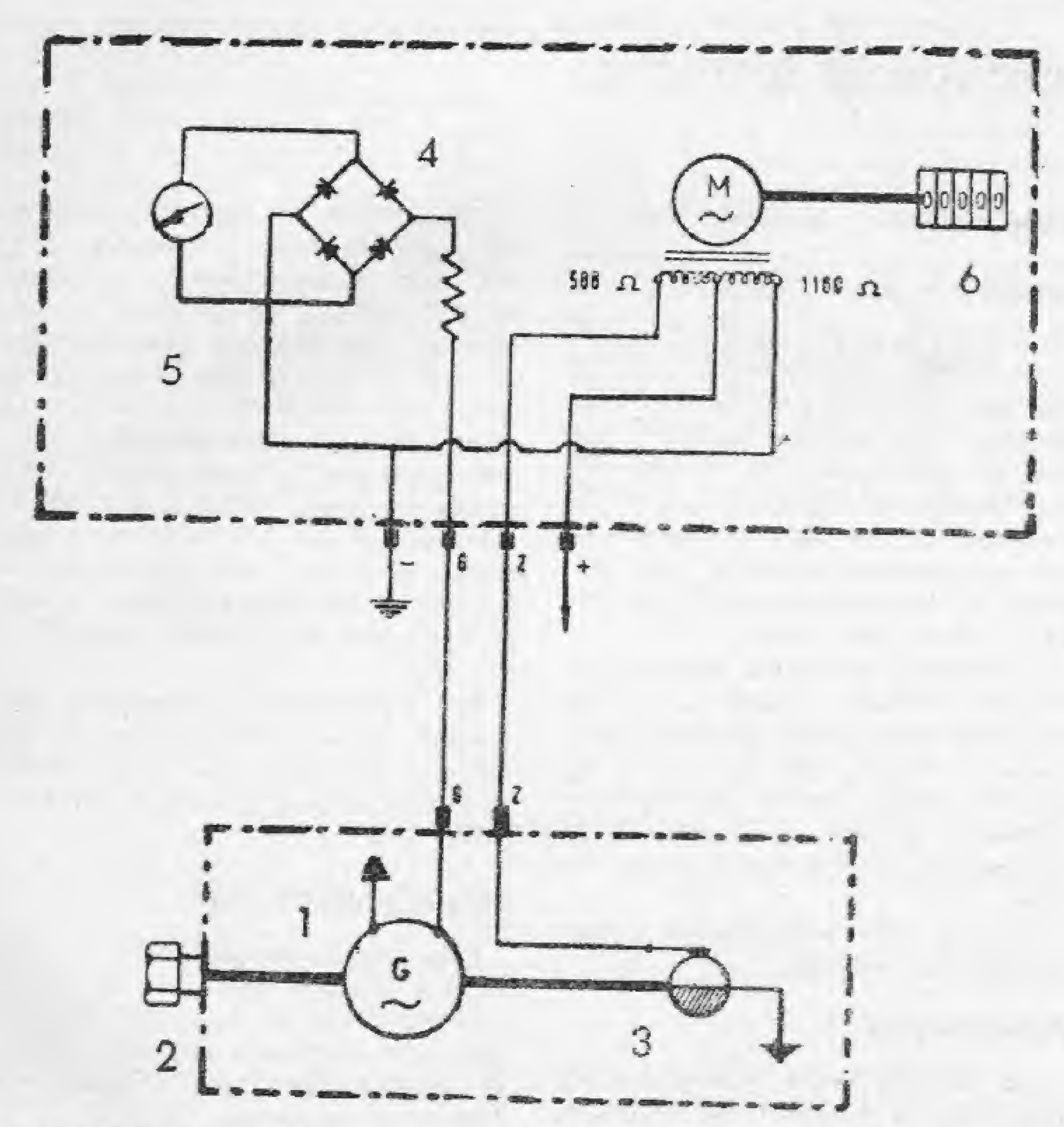


Fig. 142. Teletaquimetro 'FIAT. que cumple la doble misión de indicar la velocidad del vehiculo y totaliza los km recorridos

pulsos sincronizados con el alternador (1) al equipo receptor.

El indicador de velocidad es accionado por el alternador (1), monofásico, de 8 polos, con devanado estatórico toroidal estando el rotor formado por imanes permanentes.

Al eje de la bobina móvil está fija la aguja que es el índice del velocímetro, cuyos desplazamientos sobre del sector graduado en km/h, señalan la velocidad del vehículo. El resistor adicional sólo tiene por objeto ajustar las indicaciones del velocímetro.

El contador de los km recorridos, o totalizador, está constituido por un tamborcito acoplado al alternador con un reductor de velocidad de 1 : 20. Un contacto a masa de este dispositivo (3) envía la señal al totalizador.

Equipo receptor. El cuentakilómetros, colocado en el tablero, está constituido por un alternador sincrónico cuyo rotor está compuesto por 6 imanes fijados en un soporte anular de bakelita, estando el estator formado por 3 pares de polos cuyo circuito magnético está conectado con un devanado centralizado doble.

Las dos secciones del devanado coaxial están conectadas tal como se indica en la figura. Una sección del bobinado está alimentada en forma permanente por el positivo de la batería, mientras que la otra sección está conectada en derivación entre el positivo de la batería y el contacto del tambor (3), de lo que resulta que sólo hay un paso de corriente cuando este ruptor establece el contacto de "masa".

La fuerza magnetomotriz producida por esta sección del bobinado es de un valor doble y de signo contrario con respecto de la que produce la otra sección, alimentada permanentemente. Por consiguiente, a cada media revolución la fuerza magnetomotriz resultante se invierte, lo cual produce el cambio de signo de los polos estatóricos y, como consecuencia, el avance del rotor de un paso polar.

Si sólo se quiere saber el número de rpm del eje motor, es decir, realizar un taquímetro, basta para ello suprimir en el esquema todo lo referente al totalizador, o sea los elementos (3), (6), el motor síncrono y, por supuesto, las conexiones correspondientes. En este caso la toma de energía se efectúa en el eje del cigüeñal en vez del eje secundario del cambio de marchas.

Digamos que los coches de competición acostumbran estar equipados con un taquímetro, pues el conductor se guía más por el número de revoluciones del eje motriz que por el de km/h, dada la estructura especial de estos coches y la simplificación de muchos de sus mecanismos.

El velocímetro y taquímetro que acabamos de describir es una ingeniosa solución que elimina los inconvenientes de los instrumentos mecánicos que tantos inconvenientes tienen cuando la distancia entre el "emisor" y el "receptor", en el tablero, es considerable.

TAQUIMETROS ELECTRONICOS

Tienen por finalidad indicar el número de revoluciones que da el eje motor (cigüeñal) por minuto. Hay muchos modelos y sistemas de taquímetros electrónicos, pero todos funcionan con el mismo principio: están basados en que el número de giros del eje motor depende del número de chispas que producen las bujías de cada cilindro; así, en un motor de 4 tiempos, a cada dos revoluciones corresponde una chispa por cilindro; por consiguiente, si consideramos un solo cilindro y tomamos una derivación en los bornes del primario, es evidente que a cada dos revoluciones del motor se producirá un impulso eléctrico; si ahora disponemos un acumulador de impulsos que se traduzca en un valor de corriente eléctrica, es evidente que un instrumento de medición adecuado nos indicará el número de revoluciones del eje motriz.

Hay muchos instrumentos de esta clase que utilizan desde uno a varios transistores, para motores de 2 y de 4 tiempos, con el positivo o el negativo a masa, que toman los impulsos en los bornes del primario del transformador, en el secundario, etcétera.

El primer modelo que se describe es muy sencillo. Funciona con un transistor solamente, lo cual facilitará la comprensión de su funcionamiento.

TAQUIMETRO "KNIGHT"

El esquema se representa en la figura 143, viendo que se compone de un solo transistor, T, un diodo Zener, Z, tres diodos y varios condensadores

y resistencias cuya finalidad describiremos oportunamente.

La toma de los pulsos se efectúa en el secundario y chasis (masa) al que está conectado el negativo de la batería. Puesto que la tensión de los pulsos alcanza varios centenares de voltios, se los aplica a un divisor de tensión, formado por las dos resistencias R_1 y R_2 que cumple la doble misión de disminuir esta tensión y, a la vez, separar el instrumento del sistema de ignición.

Los pulsos, de tensión muy reducida, aplicados en los bornes 1 y 2 de R_2, son rectificados por el diodo D_1, eliminando la parte negativa, aplicándose las positivas al capacitor C_1 que las entrega en forma de dientes de sierra invertidos. Este pulso, al pasar a través de R_3, limita su amplitud aplicándose entonces a la base del transistor T, a la salida del cual el pulso tiene la forma de una onda cuadrada, de signo negativo.

Esta señal, de forma casi cuadrada, al aplicarse al capacitor C_2 se produce lo que se llama un efecto de diferenciación, que la transforma en una señal con dos picos, uno positivo y otro negativo, eliminándose el pico positivo a masa a través del diodo D_2, actuando el diodo D_3 para eliminar todo residuo de pulsos positivos. Como resultado, los pulsos negativos solamente son aplicados al instrumento de medición.

Gracias a la acción del capacitor C_2 y D_3 los pulsos negativos tienen una anchura constante, siendo la misión del diodo Zener qué la amplitud permanezca invariable.

Reparemos que en realidad el instrumento recibe una sucesión de impulsos continuados, no un valor medio, por consiguiente parecería que la aguja tendría un movimiento oscilatorio, sin detenerse en una determinada posición; no obstante, como que el equipo móvil del instrumento tiene una determinada inercia, toma una posición casi fija si los impulsos son lentos, pero cuando son muy rápidos, parece que la aguja está fija, ante la cifra que señala el número de revoluciones del eje motriz. Tengamos en cuenta que en un motor de 4 cilindros tendremos 2 pulsos a cada revolución del eje; en un 6 cilindros, 3 pulsos, y en un motor de 8 cilindros, 4 pulsos a cada revolución del eje motriz. Por consiguiente, para la velocidad de 1 000 rpm, se producirán, respectivamente, 2 000 pulsos (4 cilindros); 3 000 pulsos (6 cilindros) y 4 000 pulsos para un 8 cilindros, que divididos por 60 segundos, tenemos: 33 pulsos, 50 pulsos y 66 pulsos, por segundo; es evidente que la aguja no puede seguir este rápido

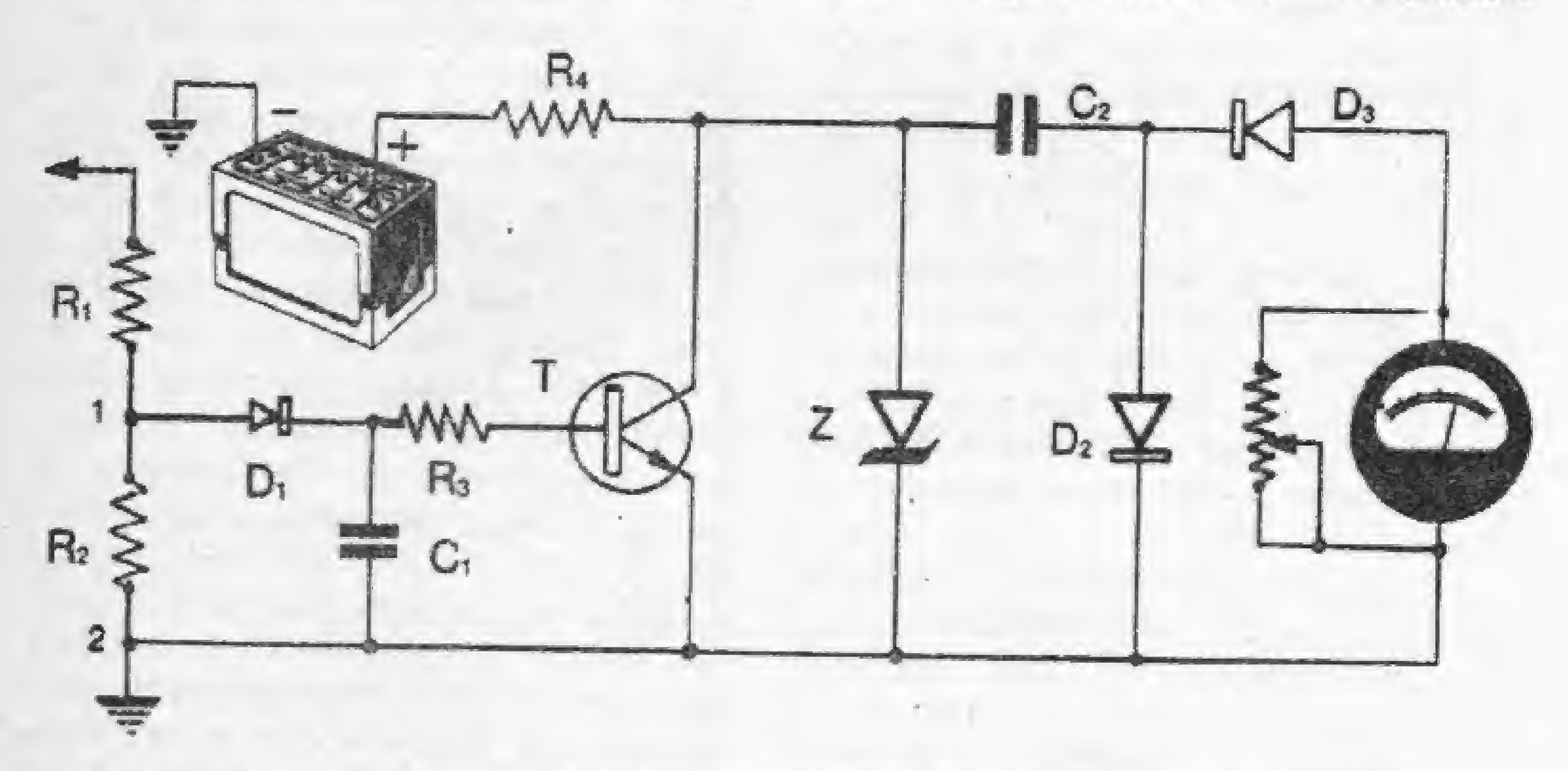


Fig. 143. Taquímetro electrónico Knight. Los impulsos son inyectados al potenciómetro formado por R_1 y R_2.

movimiento de vaivén, quedando casi fija.

El taquímetro descrito tiene el negativo a masa y por esto se emplea un transistor NPN. En las instalaciones con el positivo a masa puede utilizarse igualmente, utilizando un transistor PNP e invirtiendo las conexiones de los diodos, observando la polaridad del instrumento.

Desde luego, se puede utilizar un eje cualquiera de un emisor de impulsos que puede consistir en un pequeño imán que pase periódicamente delante de un devanado, en cuyos bornes, evidentemente, aparecerá un impulso eléctrico cada vez que el campo magnético del imán corte sus espiras. Es así que, utilizando el principio más elemental de la inducción electromagnética se puede aplicar el taquímetro electrónico en una gran cantidad de mecanismos.

Taquímetro de varios transistores

Este indicador, mucho más perfecto que el que hemos descrito anteriormente, funciona según el principio siguiente: de la bujía de un cilindro se reciben impulsos eléctricos, uno a cada explosión del cilindro en el cual está colocada. Estos impulsos son amplificados convenientemente por varios transistores, aplicándose finalmente la señal a un condensador C que los va recibiendo, sumándolos (de ahí el nombre de "sumador" o "integrador"). La carga que adquiere este condensador C está indicada por el instrumento de medición I que señala la cantidad de pulsos que el condensador almacena por minuto, de donde se deduce el número de revoluciones que por minuto da el motor. En la figura 144 se representa el esquema de este taquímetro.

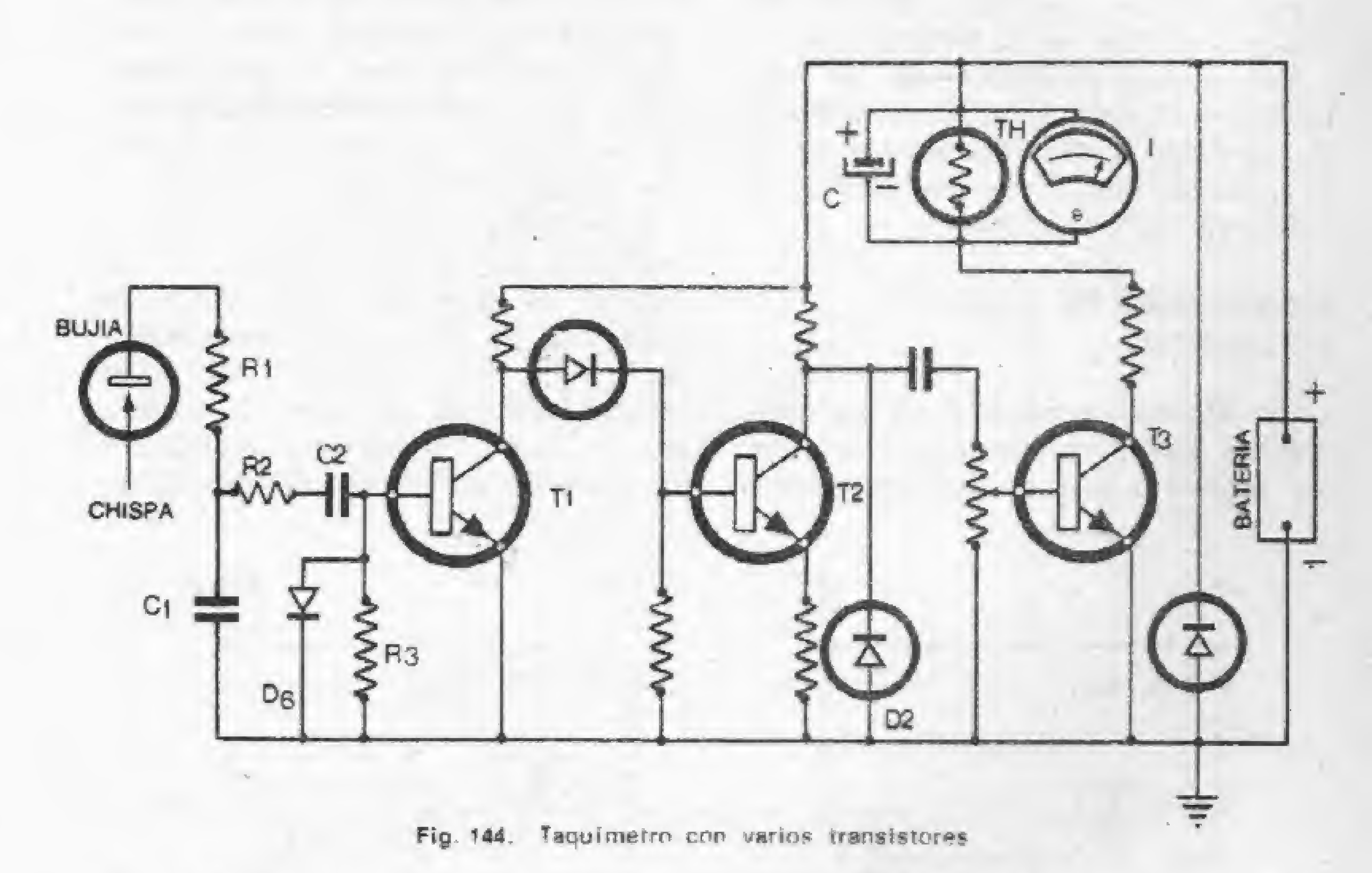


Fig. 144. Taquímetro con varios transistores

Los transistores empleados en este taquímetro son del tipo NPN para los coches con el negativo de la batería al chasis, utilizándose transistores PNP cuando la batería tenga el positivo conectado a la masa (chasis).

Por supuesto, los pulsos que la bujía entrega como señal no son puros puesto que contienen diversos efectos de inducción, los cuales, incorporados a la señal la deforman, dando resultados falsos. Estos parásitos de-

ben eliminarse, lo cual se consigue filtrando los pulsos mediante los tres resistores R1, R2 y R3, que, con los dos condensadores C1 y C2 constituyen un filtro a través del cual pasan los pulsos y, una vez filtrados, se aplican a la base del transistor T1.

Los transistores T1 y T2 amplifican los pulsos, filtrados, libres de las deformaciones producidas por los efectos, de inducción. Ahora, estos pulsos, amplificados, se aplican a la base del transistor de poder T3 que los éntrega al conjunto formado por el capacitor C, el miliamperímetro I y un termistor T cuya finalidad es corregir cualquier posible variación debida a cambios de la temperatura.

Los pulsos recibidos por el condensador C se aplican al instrumento de medición I, cuya aguja se sitúa en la posición media que depende de la descarga del condensador

INDICADORES DE NIVEL DE LIQUIDOS

Los líquidos empleados en los automóviles son el combustible y el agua Es necesario que el conductor tenga a la vista la cantidad que de ellos hay de reserva para asegurar la buena marcha del vehículo.

Existen varios indicadores de nivel, fundados en principios mecánicos y eléctricos, que funcionan perfectamente. El indicador representado esquemáticamente en la figura 145 a) y b), indica, en realidad, el nivel mínimo de seguridad de combustible que queda en el depósito de gasolina, encendiéndose una lamparita de 12 V que consume 0,1 A, colocada en el tablero, avisando al conductor la necesidad de reabastecerse de combustible. Se considera el negativo de la batería al chasis.

Este dispositivo, ideado por la famosa casa francesa Ducellier, es, como todos los aparatos ideados por esta compañía, sumamente ingenioso. Se basa en la diferencia de resistencia eléctrica de dos electrodos al estar en contacto con un líquido o desaparecer este contacto. Este artificio está seguido de dos o tres transistores, que amplifican la débil corriente producida, para que pueda encender la lámpara testigo del tablero.

Cuando los dos electrodos están sumergidos en el combustible, o sea cuando el nivel del combustible es suficiente, la base del primer transistor está a tierra (masa) o sea a polaridad negativa, no pasa corriente y por lo tanto, la lámpara testigo no se enciende: si el nivel del líquido aumenta, los electrodos están por su intermedio en contacto y la base del primer transistor se polariza positivamente y, como consecuencia, los dos transistores T_1 y T_2 se hacen conductores y la lámpara testigo se enciende. El esquema b) es similar al a)

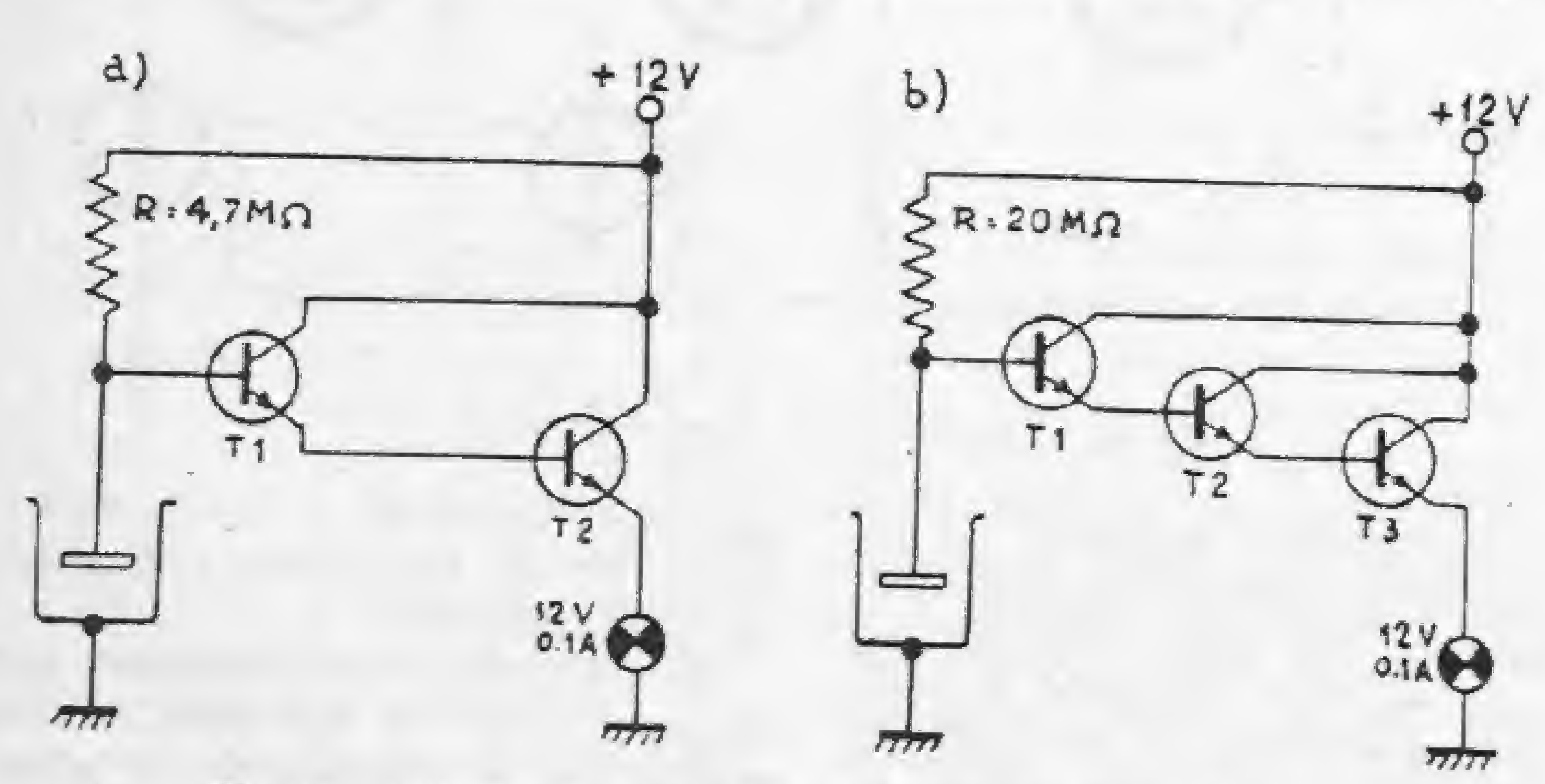


Fig. 145. Indicador de nivel electrónico con indicación luminosa.

con la diferencia que tiene tres transistores, con lo cual se nota un apreciable aumento de la intensidad de la luz.

INDICADORES DE TEMPERATURA

En los motores térmicos de los automóviles es necesario saber, por medio de una indicación bien visible, la temperatura del agua que refrigera los cilindros. Un exceso de temperatura, más allá de lo permisible, puede ocasionar graves daños.

El indicador electrónico de temperatura que se va a describir permite tener en el tablero de los instrumentos un indicador que señale, a cada instante, el valor, en grados, la temperatura del agua de refrigeración. Por supuesto, este mismo dispositivo electrónico puede adaptarse para indicar la temperatura del aceite, o de cualquier otro líquido en general.

El esquema del circuito se representa en la figura 146. Se trata de un puente de Wheatstone, una de cuyas cuatro ramas está formada por un termistor, Th, cuya resistencia ya sabemos que varía con la temperatura. Cuando las resistencias son iguales el puente está en equilibrio y al haber la misma tensión en los dos puntos A y B, por el instrumento I no pasa corriente y por consiguiente marca O, pero, si la resistencia del termistor varía, lo cual ocurre al calentarse el agua (por estar sumergido en ella) resulta que entre los puntos A y B existirá una diferencia de tensión y, por consiguiente, habrá un paso de corriente a través del miliamperímetro. Es evidente que no hay inconveniente en que este instrumento esté graduado en grados de temperatura, equivalentes a las correspondientes intensidades.

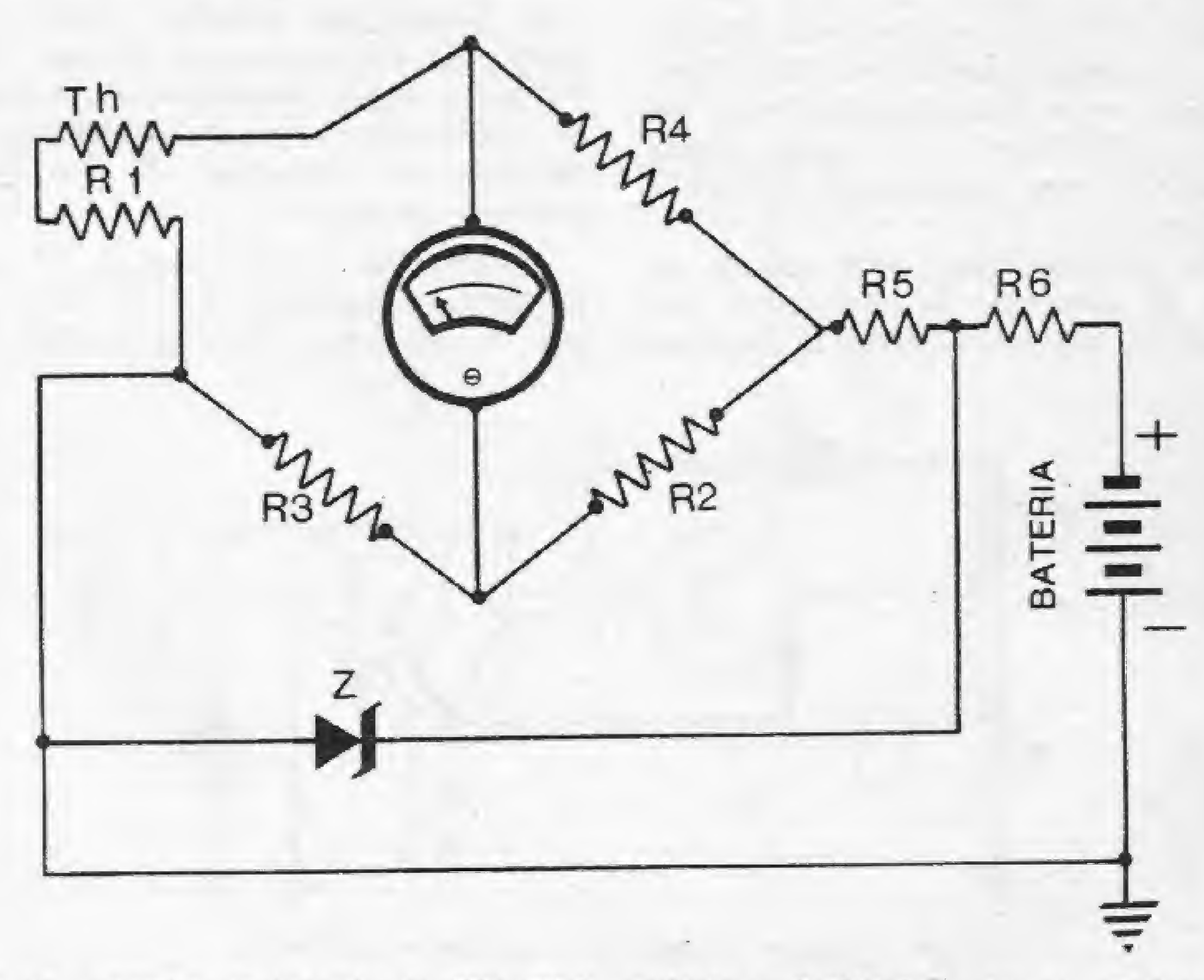


Fig. 146. Esquema del indicador de temperatura, mediante el termistor Th que se introduce en el líquido del cual se desea saber su temperatura.

La cápsula que contiene el termistor tiene que ser muy conductora del calor, generalmente de cobre, cuya misión es proteger el termistor del contacto con el líquido en el cual está sumergido.

Un dispositivo semejante al que se acaba de describir se emplea también para indicar la temperatura del aceite, lo cual es también muy importante, porque con ello se revela, además, si hay alguna obstrucción en su sistema circulatorio, causa de tantas desgracias.

Luego describiremos otro indicador electrónico de temperatura, mucho más sencillo y, por consiguiente, más económico.

Sencillo Indicador de Temperatura

Este indicador, mucho más sencillo que el anteriormente descrito, está basado en el mismo principio de colocar un termistor en el recinto (agua, etcétera) cuya temperatura se quiere vigilar.

Su funcionamiento está basado en que al disminuir la resistencia del termistor cuando aumenta la temperatura que adquiere el agua de enfriamiento del motor.

En realidad, son dos aparatos: uno es un termómetro eléctrico y el otro es un indicador de peligro, cuando la temperatura del agua está cercana al punto de ebullición. El funcionamiento es simultáneo, pues mientras el termómetro eléctrico indica los grados de temperatura en el instrumento colocado en el tablero, el indicador de peligro enciende su lámpara roja y, simultáneamente, el termómetro desplaza la aguja en el máximo de la escala termométrica.

a) **Termómetro eléctrico.** Está formado por las siguientes partes: un termistor, cuya resistencia varía con la temperatura (1); un instrumento indicador de intensidad, A, con dos bobinas, cruzadas.

Al aumentar la temperatura, el valor de la resistencia (1) disminuye y por consiguiente, aumenta la intensi-

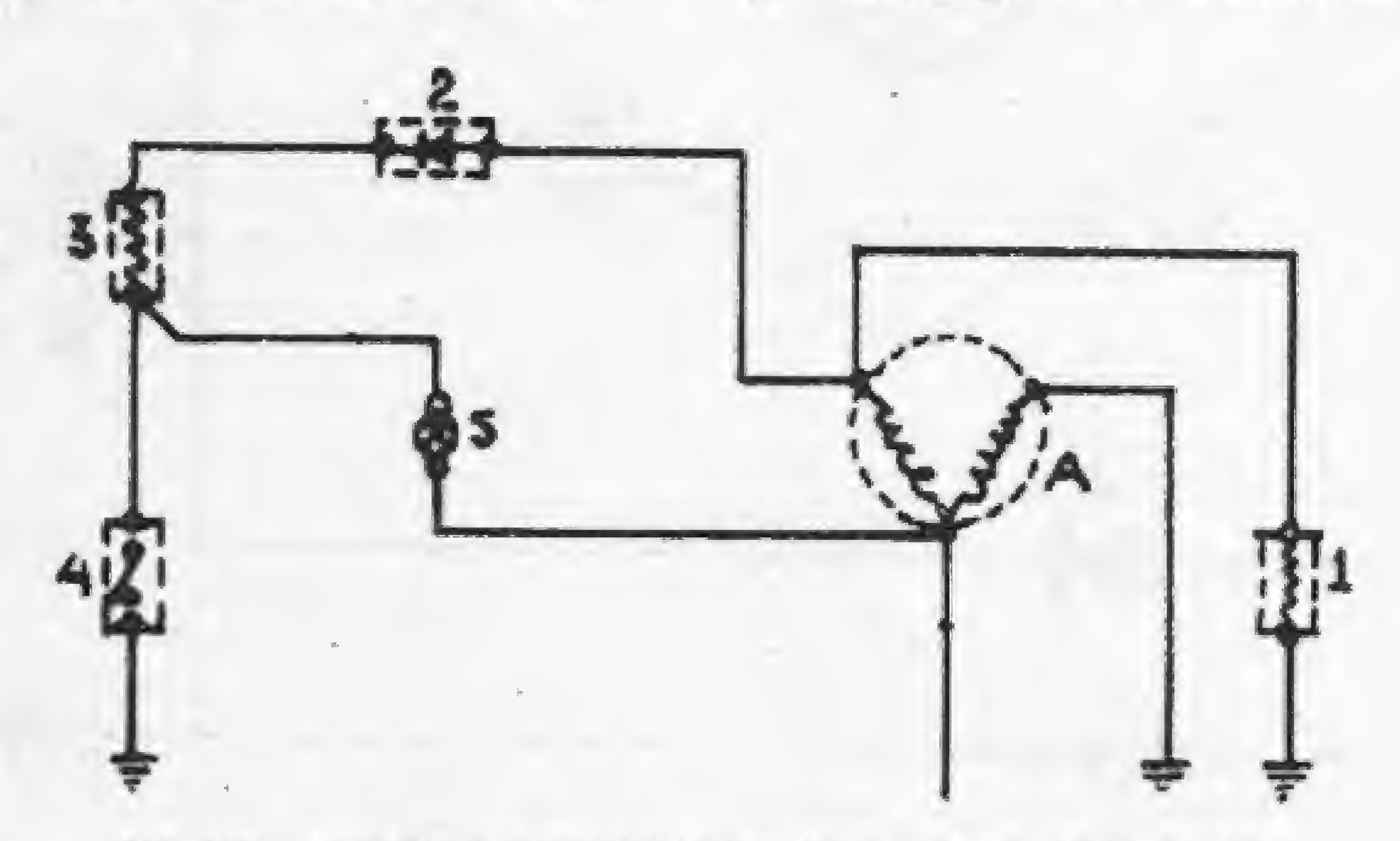


Fig. 147. Indicador electrónico de temperatura de líquidos.

tura, esto hace que aumente la intensidad de la corriente de una batería conectada en serie con el termistor y un miliamperímetro, de suerte que la reflexión de la aguja se gradúa de tal forma que sea proporcional a la temperatura, es decir, el aparato está graduado en grados de temperatura en vez de miliampers.

El dispositivo que se presenta en la figura 147 tiene doble mando con el fin de aumentar la seguridad de su funcionamiento, indicando la temperadad de la corriente que pasa por el devanado conectado entre los terminales "INT" y "TERM", lo cual produce un desplazamiento de la aguja indicadora del instrumento. El otro devanado, entre el terminal "INT" y la masa del instrumento, produce un efecto de compensación.

b) **Indicador óptico de temperatura.** Lo forman los componentes siguientes: un interruptor termométrico (4); una lámpara roja (5) de 12 V - 3 W que constituye el indicador óptico.

Sumergido en el agua el interruptor termométrico (4), cuando ésta alcanza una temperatura cercana a su punto de ebullición (100°) los contactos de este interruptor termométrico se cierran, con lo cual la lámpara roja, que señala el peligro, se enciende; al mismo tiempo, la aguja del termómetro eléctrico se desplaza bruscamente en toda su escala. Esto se produce porque la conexión entre el terminal "TERM" del instrumento indicador (A) y el terminal del interruptor termométrico (4) comunica con el diodo (2) y el resistor (3) de 60 ohmios, interconectados en serie entre sí.

En efecto, puesto que un diodo ofrece una resistencia muy baja cuando funciona en sentido directo y casi infinita cuando en sentido inverso, resulta que nuestro diodo (2) presenta una débil resistencia cuando lo atraviesa la corriente que circula desde el borne "TERM" al resistir (3). Cuando los contactos del interruptor termométrico están cerrados, el resistor (3) queda conectado en paralelo con el resistor variable (1) y, por consiguiente, la corriente que circula por el devanado del indicador de temperatura, conectado entre los terminales "TERM" e "INT" aumenta hasta alcanzar el valor necesario para desplazar la aguja del instrumento toda la escala.

El diodo es necesario para evitar que la corriente pueda circular del terminal positivo "INT" a través de la lámpara roja del indicador óptico (5) y los resistores (1) y (3), lo cual produciría la iluminación parcial de esta lámpara, o bien, un funcionamiento anormal del termómetro eléctrico.

LOCALIZADOR DE RUIDOS

Este sensible aparato electrónico permite localizar toda clase de ruidos debidos a vibraciones, golpeteo, etcétera, en cualquier parte del coche.

LOCALIZADOR DE RUIDOS

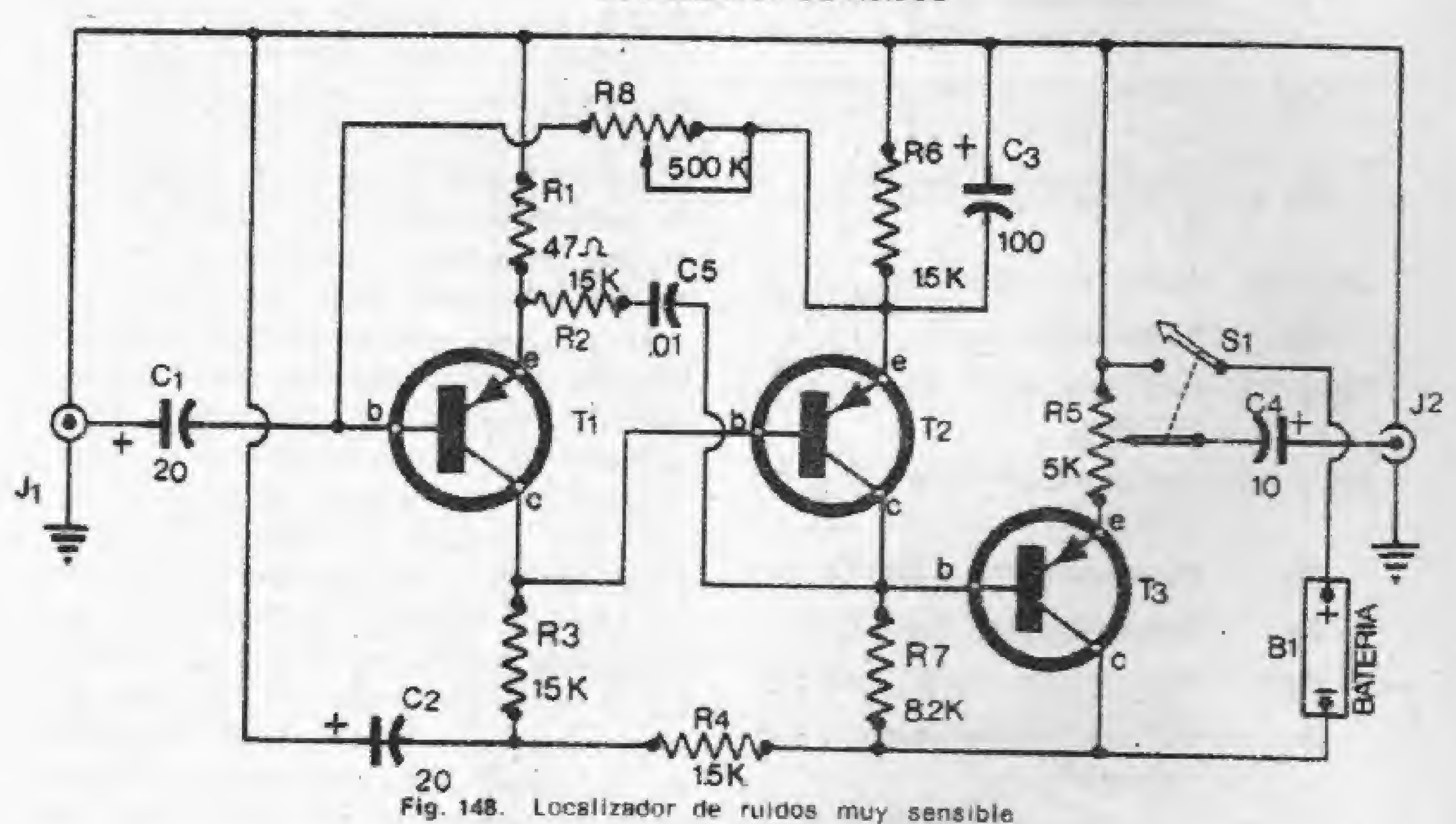


Fig. 148. Localizador de ruidos muy sensible

Es bien sabido que una vez localizado el lugar de un ruido y sus características es fácil poder diagnosticar las causas que lo producen y, en consecuencia, remediar la anomalía.

En la figura 148 se representa el esquema eléctrico con todos los valores de sus componentes. En cuanto a los transistores pueden ser de tipos equivalentes.

La entrada tiene un enchufe bipolar (jack) J1 al cual se puede conectar un estetoscopio (empleado por los

médicos para auscultar los pacientes) el cual se va aplicando en las distintas partes que se considera es la parte donde se producen los ruidos, saliendo, muy amplificados en el circuito de salida, J2, donde se conecta un auricular de 2 000 Ω de resistencia.

Este aparato es muy sensible y permite localizar ruidos casi imperceptibles, como ser, roces de órganos en movimiento (bielas, cigüeñal, etcétera), que con el tiempo pueden dar ocasión a producir averías importantes.

Los componentes necesarios son:

C1 y C2	Condensadores electrolíticos 20 μF, para 20 V.
C3	Condensador electrolítico 100 μF, para 20 V.
C4	Condensador electrolítico 10 μF, para 15 V.
C5	Condensador variable 0,1 μF.
J1 y J2	Jacks de conexión.
R1	Resistencia ½ W, 47 Ω.
R2 y R3	Resistencias ½ W, 15 000 Ω.
R4 y R6	Resistencias ½ W, 15 000 Ω.
R5	Potenciómetro 5 000 Ω.
R8	Potenciómetro 500 000 Ω.
R7	Resistencia ½ W, 8 200 Ω.
S1	Interruptor montado sobre R5.
T1 y T2	Transistores 2N508, o sus equivalentes.
T3	Transistor 2N1414, o su equivalente.
B1	Batería de 9 V.

ANALISIS DE LA COMBUSTION

El analizador de los gases resultantes de la combustión, que salen por el tubo de escape, indica la proporción aire-carburante de la mezcla que se ha quemado en la cámara de combustión. La escala del instrumento está dividida en sectores con distintos colores que corresponden a las siguientes clases de combustión: demasiado rica de combustible (grasa), normal y pobre. En estos sectores se indica, además, el valor numérico de la proporción, en peso, aire-carburante.

Este analizador se basa en el funcionamiento del puente de Wheatstone, compuesto de cuatro resistencias que forman los lados de un cuadrilátero y una diagonal, en la que se intercala un miliamperímetro que en este caso no es otra cosa que el instrumento indicador antes mencionado. Dos de estas resistencias, la contenida en la célula del gas de combustión, y la célula del aire, están construidas de una aleación especial, que tiene la propiedad de variar su resistencia con pequeñas variaciones de temperatura. Pero este analizador no se comporta como un termómetro sino que funciona por la acción del enfriamiento que produce la proporción de anhídrido carbónico contenida en el gas de escape. Veamos ahora cómo se interpreta este fenómeno.

Si la mezcla aire-carburante está dosificada debidamente, los gases de escape contienen un porcentaje bien definido de anhídrido carbónico. Este porcentaje aumenta, o disminuye, según sea mayor, o menor, la cantidad de aire diluido en el gas de escape. La cantidad de anhídrido carbónico contenido en el gas de escape es la que determina la cantidad de calor que éste absorbe del filamento de la célula del gas: cuanto mayor es esta absorción de calor, más se enfría este filamento y, por consiguiente, varía su resistencia óhmica, produciendo un desequilibrio en el funcionamiento del puente, desde el momento en que es una de las cuatro resistencias que lo forman.

Este instrumento sirve para distintas clases de combustible, por cuyo motivo tiene tres escalas. Una sirve para la bencina (nafta), mientras que las otras dos escalas dan las indicaciones para el butano y el propano.

El gas de descarga se toma por medio de una sonda flexible especial

que se introduce en el tubo de escape, filtrado apropiadamente y luego se envía al circuito de medición. La figura 149 indica la disposición que se adopta para utilizar este instrumento.

DISPOSITIVO ANTIRROBO, ECONOMICO

Existen en gran cantidad dispositivos muy ingeniosos cuya finalidad es evitar, en lo posible, el robo de los coches. No obstante, la solución que ahora vamos a indicar es sumamente sencilla, económica y fácil de realizar.

Se trata de que cuando se quiere poner en marcha un coche por procedimientos cuya finalidad es el robo se dé aviso, por medio de la bocina, de tal forma que se ponga en evidencia la intención del maleante.

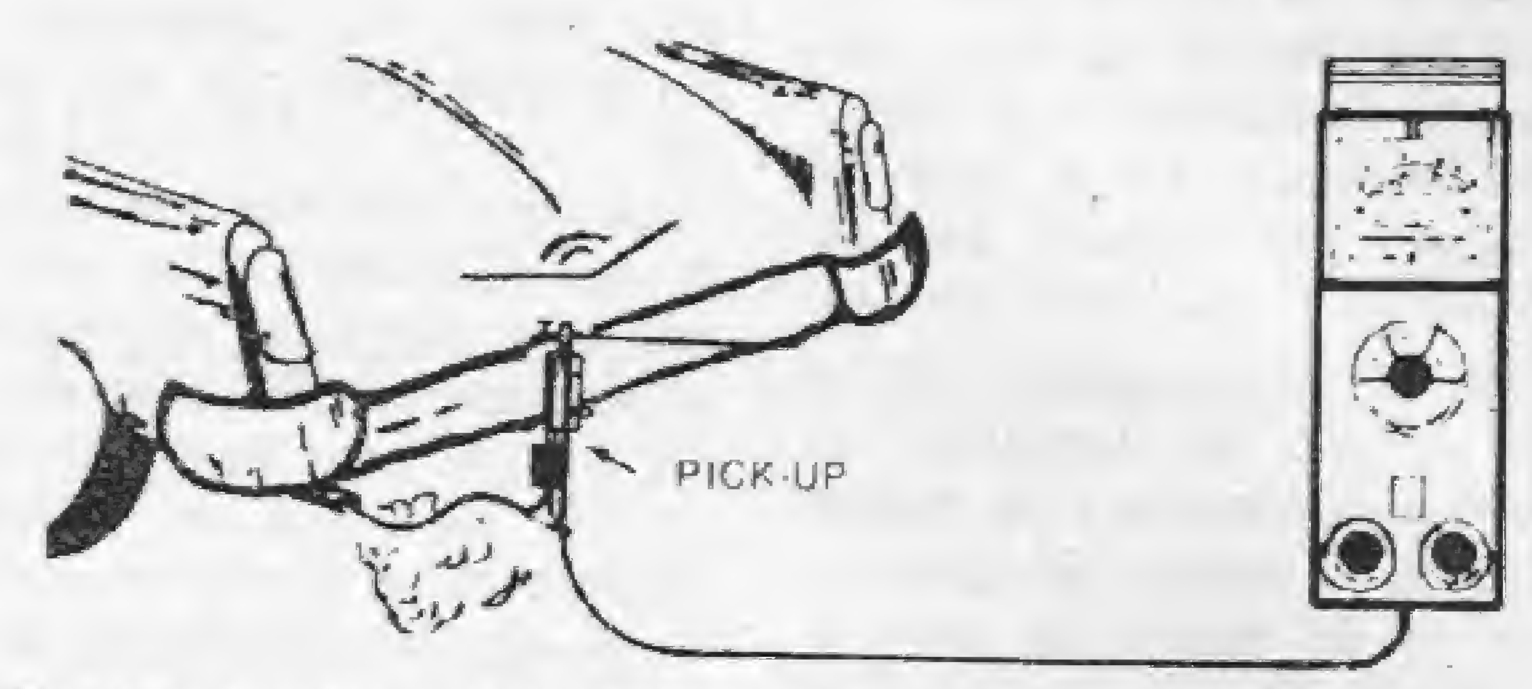


Fig. 149. Analizador de la dosificación de la mezcla de combustión.

La sonda se coloca verticalmente, separada del tubo de escape, para evitar que los vapores condensados y el calor del gas influyan en el condensador contenido en la sonda. Finalmente, tanto el tubo sonda como ésta se dejan que se sequen por sí mismos evitando el uso de aire comprimido para acelerar este proceso.

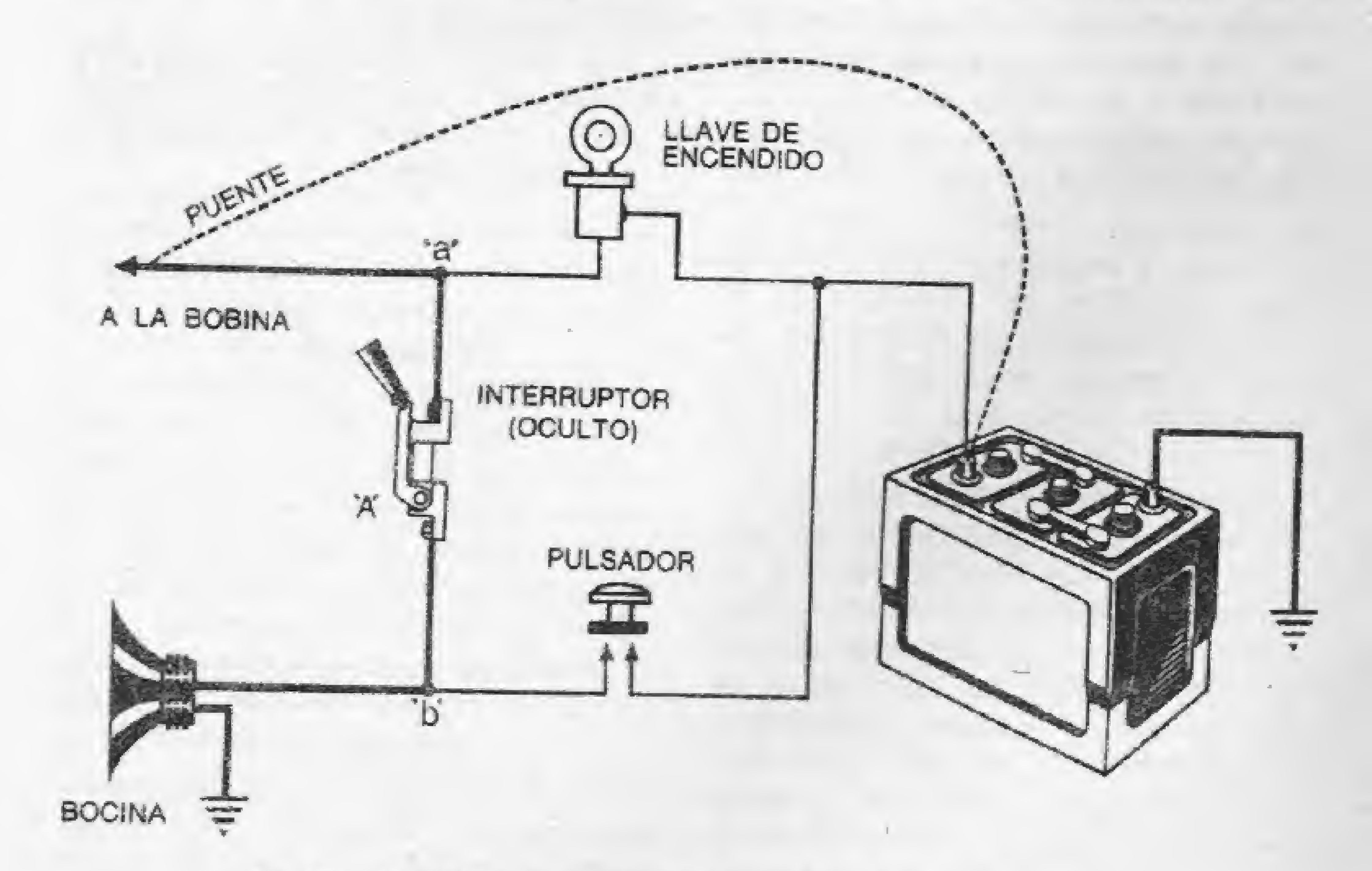


Fig. 150. Dispositivo antirrobo que se caracteriza por su sencillez

En efecto, el procedimiento típico de poner en marcha un coche sin la llave de contacto consiste en hacer un "puente" con un alambre de forma que la llave quede en paralelo y, por consiguiente, pasa la corriente que, desde la batería, va a la bobina. Por supuesto, el circuito de ignición (encendido) queda establecido y el motor se pone en marcha, con lo cual se llevan el coche. El circuito que se forma está dibujado con trazo grueso.

La solución ahora propuesta consiste en que cuando se establece el "puente" entre la batería y la bobina de encendido y el motor se pone en funcionamiento, la bocina se pone a tocar con toda su fuerza, poniendo al delincuente en tal estado de nerviosidad que lo más probable es que desista de su propósito y escape lo más pronto posible.

En el esquema de la figura 150 se indica todo lo que hay que hacer: conectar dos trozos de alambre y un pequeño interruptor miniatura, esto es todo. La solución no puede ser más económica y se realiza en pocos minutos por toda persona que tenga un poco de habilidad manual. Todo consiste en encontrar los dos conductores a los cuales hay que hacer las conexiones: el que va desde la salida del pulsador de la bocina y el que sale de la llave de contacto del encendido. Estos dos conductores son fácilmente identificados y a ellos hay que hacer las conexiones indicadas en el esquema con las letras "a" y "b".

Lo único que hay que tener en cuenta es disimular estas dos derivaciones, que conectan el interruptor "A" y, además, colocar a éste en un lugar no visible, pero que a la vez sea accesible para que lo pueda accionar fácilmente el dueño del coche. Es evidente que es indispensable que cuando interrumpe el encendido, sacando la llave, debe acordarse de cerrar el interruptor "A" y, antes de volver a colocar esta llave para poner nuevamente el motor en marcha, que abra el interruptor "A", pues de lo contrario la bocina se pondrá a funcionar fuertemente, hasta que se abra el mencionado interruptor.

Este sencillo dispositivo tiene dos ventajas: ser sumamente económico y de una realización sumamente fácil y, creemos, eficiente.

Capítulo II

MANDO ELECTRONICO DE LA ILUMINACION

Es muy frecuente que el conductor del coche se olvide de encender las lamparitas de estacionamiento, de la placa de la patente, etcétera, cuando empieza a oscurecer. El dispositivo indicado esquemáticamente, compuesto de una célula fotoeléctrica y un transistor, alimentados por la batería del coche, resuelven esta grave dificultad en forma automática, gobernado por la intensidad de la luz del día: al oscurecer, entra en acción y las luces se prenden.

El funcionamiento se basa en que las células fotoeléctricas son conductoras de la electricidad según el valor de la intensidad luminosa que incide sobre su superficie sensible. Cuando la oscuridad llega a cierto valor, la célula deja de ser conductora y entonces la corriente de la batería deja de pasar por el relé y, como resultado, cae el núcleo y la pieza metálica P establece los dos contactos C1 y C2, cerrando el circuito de la batería a través de los filamentos de todas las lámparas que se intercalen en este circuito (fig. 151).

Mientras hay luz del día la célula ofrece poca resistencia, la corriente de la batería pasa por ella y se aplica esta corriente en el circuito célula relé - base del colector del transistor, el cual, en estas condiciones, es conductor, pasando así la corriente de la batería; el campo magnético atrae el núcleo y P se separa de los contactos, quedando abierto el circuito de las lámparas.

Si la corriente que produce la célula al estar iluminada no es suficiente para accionar el relé, se pueden conectar dos en serie, y una tercera, de potencia, que sea capaz de atraer el dispositivo del relé.

Segundo ejemplo

Consideremos otro sistema de encender las luces de estacionamiento, las cuales ya sabemos que deben encenderse cuando empieza a oscurecer. Si el conductor se olvida de cerrar el interruptor, correspondiente y se viaja con las luces apagadas, puede suceder que otro coche choque por falta de visibilidad.

Este dispositivo es adaptable a todos los coches, tanto si tienen batería de 6 ó de 12 V, y que tenga conectado a masa el positivo o el negativo. En cada uno de estos dos casos, la adaptación se realiza utilizando transistores positivos cuando el negativo de la batería está conectado a masa y transistores negativos si es el positivo de la batería el que está conectado al chasis.

La célula fotoeléctrica CF es iluminada durante la luz del día, en cuyas condiciones es conductora, o sea, tiene poca resistencia eléctrica. En cuanto va oscureciendo, su resistencia va aumentando hasta que la

intensidad de la luz del día va disminuyendo, hasta alcanzar un valor prefijado. El primer transistor T1 se polariza por la débil corriente que pasa por R2 y R4, hasta la lámpara de estacionamiento (fig. 152).

Cuando oscurece, el aumento de la resistencia de la célula hace que el primer transistor conduzca, pasa corriente, la cual ocasiona que la caída efectos contrarios y la lamparita de estacionamiento se apaga.

Es conveniente que el interruptor L1, que es el que interrumpe todo el sistema, sea la llave del encendido. Así, en forma automática, y sin ninguna preocupación, se efectúa la iluminación del foquito L.

Bien vemos que el sistema que se ha descrito funciona a "todo o nada".

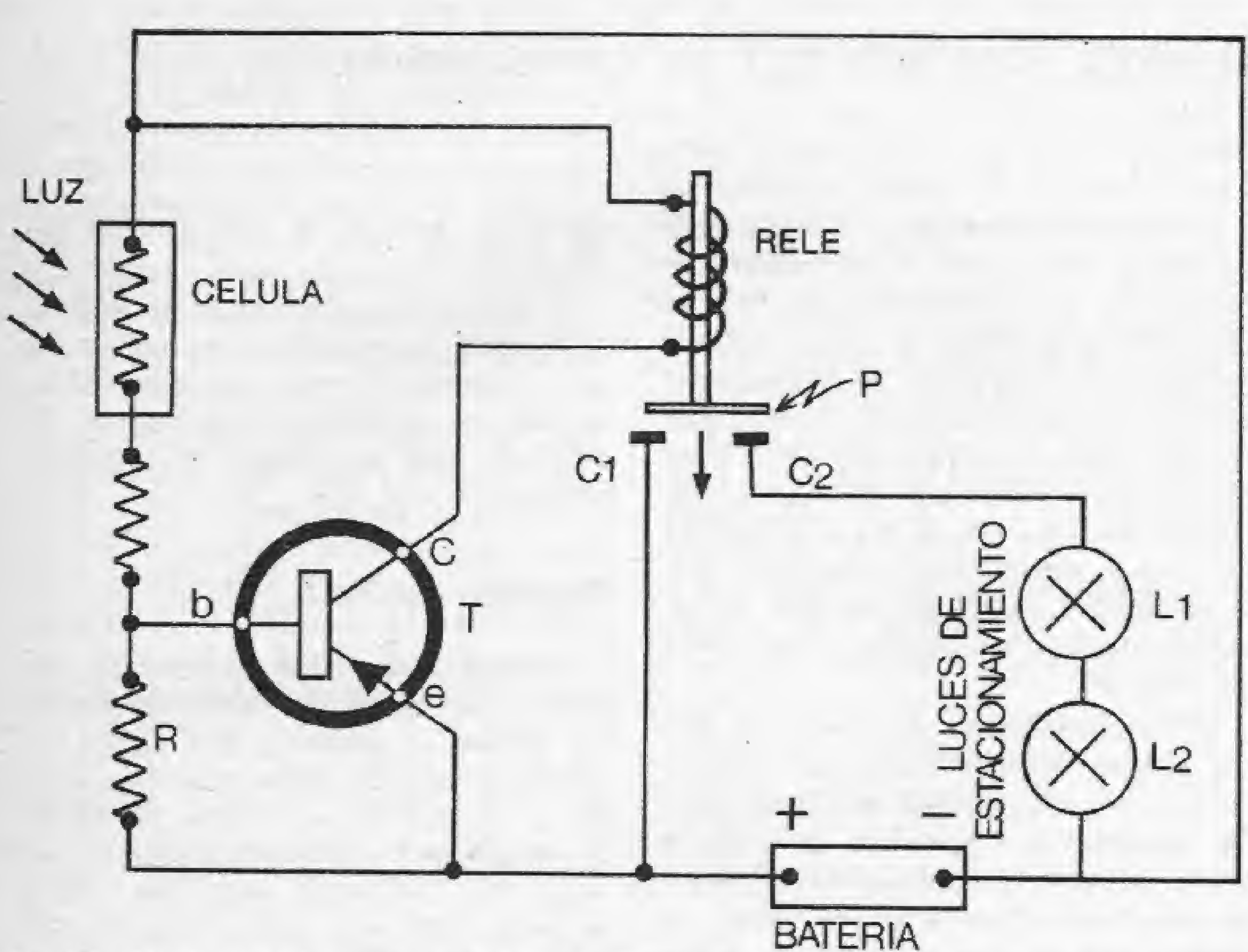


Fig. 151. Mando electrónico de encendido **automático** de las diversas luces de un coche: estacionamiento, patente, etc., al oscurecer la luz del día.

de tensión en R3 haga conducir el segundo transistor T2. La poca resistencia del circuito colector-emisor de este transistor queda en paralelo con las resistencias R2 y R4, cuyo efecto es que la polarización de T1 disminuye aún más de lo cual produce, finalmente, un nuevo aumento de corriente del segundo transistor, T2.

Por consiguiente, con esta sucesión de aumentos la lámpara de estacionamiento llega bien pronto a adquirir su iluminación máxima. Es evidente que cuando la célula CF es iluminada por la luz del día se producen los o sea que se enciende cuando la luz desciende de un cierto valor y se apaga cuando sobrepasa ese nivel luminoso.

Tercer ejemplo

Consideraremos ahora otro sistema cuya particularidad es ir encendiendo, paulatinamente, la luz de estacionamiento (fig. 153).

Cuando va oscureciendo cada vez incide menos luz en la célula CF, en consecuencia cada vez va aumentando más su resistencia óhmica lo cual

tiene por efecto que la base del transistor se hace cada vez más negativa con respecto del emisor y, por consiguiente, el transistor conduce y la lámpara se enciende. El diodo D y la resistencia del resistor R2 ocasionan un consumo muy reducido (unos 2 mA): esta corriente se utiliza para polarizar ligeramente el emisor del transistor, iniciando así una tensión

to si es el positivo o el negativo el polo de la batería conectado al chasis; lo único que hay que tener en cuenta es que los transistores sean del tipo que corresponda, utilizando transistores positivos cuando el negativo de la baterla está conectado a masa y transistores negativos si es el positivo de la batería el que está conectado al chasis (masa).

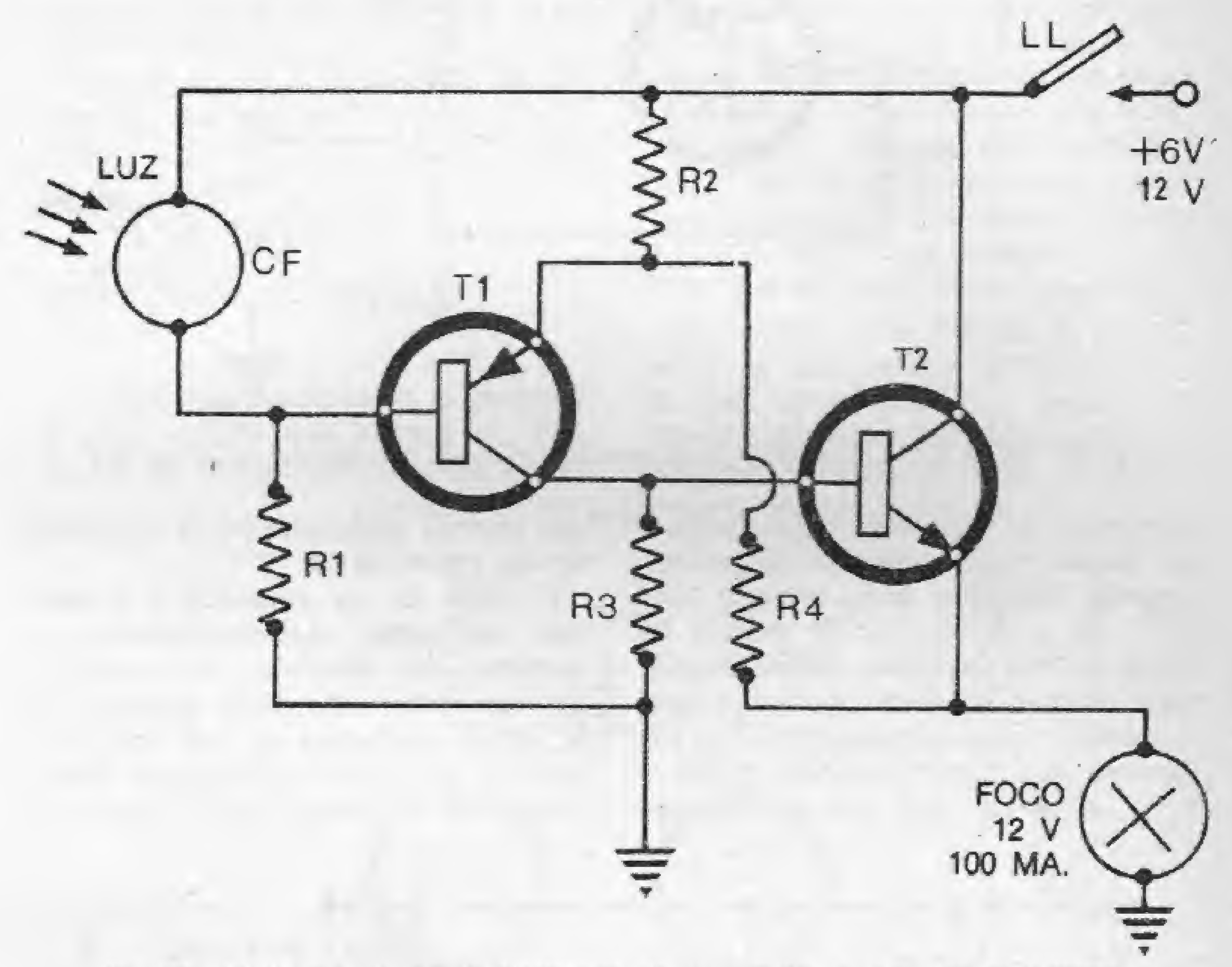


Fig. 152. Dispositivo de mando electrónico de la iluminación con dos transistores

de iluminación previa bien definida. Asi, la lámpara se va encendiendo paulatinamente a medida que va oscureciendo, en vez de encenderse instantáneamente como en los sistemas anteriores indicados.

La llave LL, que cierra el mando de este dispositivo, es muy conveniente que esté combinada con la del encendido si es que tiene un contacto sobrante.

Este dispositivo es adaptable a los coches cuyas baterías sean de 6 V ó de 12 V Asimismo es adaptable tan-

LUCES A DESTELLOS INTERMITENTES

El fundamento de los dispositivos luminosos intermitentes está basado en el circuito oscilatorio que funciona solamente con capacitores y resistencias en vez de capacitores e inductores de los circuitos oscilatorios conocidos: Hartley, Colpitts, etcétera.

El circuito está representado en la figura 154. Se compone de dos transistores, T_1 y T_2, y el conjunto del multivibrador estático que actúa como

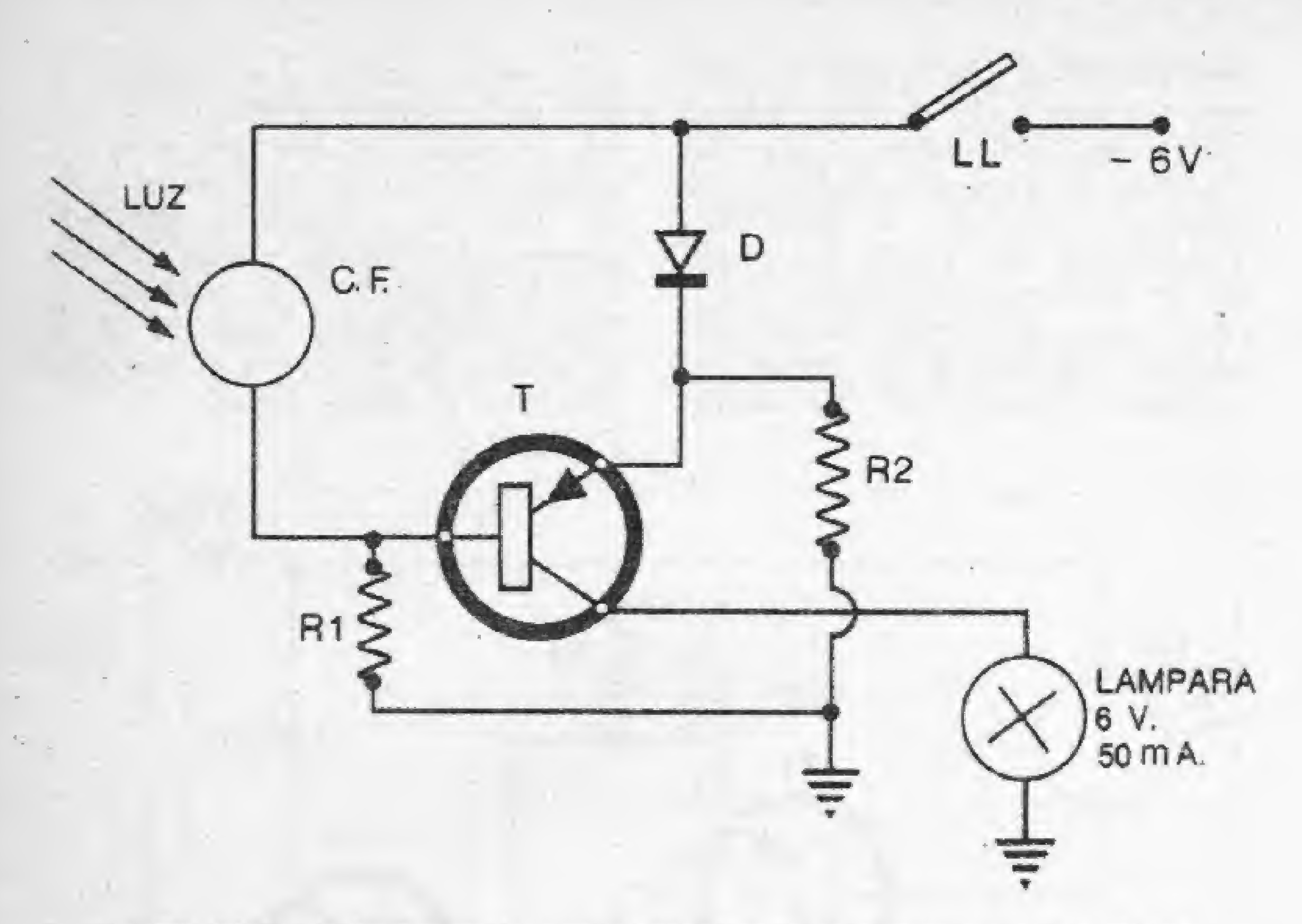


Fig. 153. Mando de la iluminación cuya intensidad varía de acuerdo con la luz del día

generador de impulsos, cuya frecuencia propia y la relación encendido-apagado dependen de la relación R/C de C_1, R_2 y de C_2, R_3. El resistor R_3 puede utilizarse como potenciómetro para calibrar al valor que se quiera la relación encendido-apagado. Las relaciones entre los resistores R_1/R_2 y R_3/R_4 se eligen para que se obtenga una elevada amplificación de corriente de los transistores.

El ritmo de los destellos y la relación del tiempo que permanecen encendidas las lámparas con respecto del que están apagadas depende de la acción recíproca de los dos transistores con los condensadores gobernando así el tiempo que conducen o

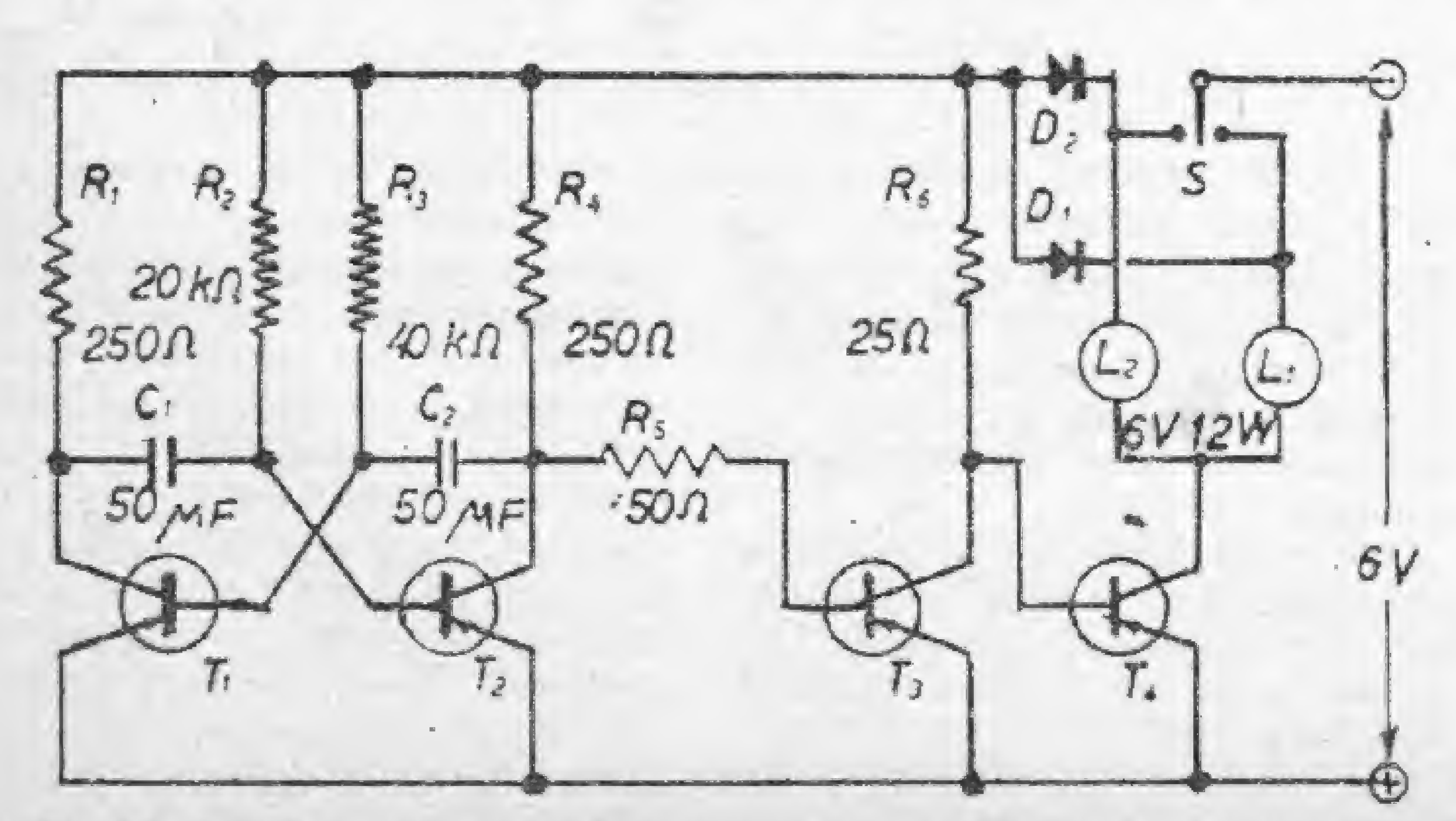


Fig. 154. Dispositivo electrónico de luces intermitentes, utilizando el circuito oscilatorio inventado por los hermanos Bloch, comúnmente llamado multivibrador

interrumpen la corriente los dos transistores.

El transistor amplificador T_3 está mandado por el transistor T_2 del multivibrador; T_3 a su vez gobierna el transistor de potencia T_4, que actúa de conmutador de las luces L_1 y L_2. Desde luego, se podría utilizar un relé para mandar estas dos luces, en cuyo caso el relé sustituiría al resistor R_1; si se adoptase esta solución el paso de amplificación del transistor T_4 no sería necesario.

Los diodos D_1 y D_2 cumplen la misión de que sólo una de las dos lámparas, la L_1 o la L_2, se encienda cuando se tiene el conmutador S en el contacto corespondiente.

DESTELLADOR ELECTRONICO PORTATIL

El destellador que ahora se describe es más sencillo que el anterior. Puede ser de una utilidad inmensa en los casos que nuestro coche tenga una avería que le impide seguir su marcha, especialmente si esto ocurre de noche.

Este dispositivo, portátil, puede colocarse sobre el techo del coche y con sus destellos, rojos, visibles a gran distancia, advierte a los autós que vienen hacia nosotros, a gran velocidad, para que la disminuyan evitando una catástrofe, puesto que las luces de estacionamiento, blancas, fijas y de poca intensidad luminosa, sólo son visibles a muy corta distancia cuando ya no hay tiempo de frenar.

Está formado por un circuito oscilante consistente en dos transistores, T_1 y T_2 (fig. 155), conectados de tal forma que constituyen un multivibrador, cuya frecuencia depende de los valores de los componentes que luego se indican. Los intervalos que alternativamente conduce cada transistor deben ser lo suficientemente espaciados (de uno a dos segundos) para que su efecto sea utilizable a los fines que se destina este dispositivo.

Intercalado en el circuito de alimentación se conecta una lámpara L, roja, la cual se encenderá y apagará siguiendo el ritmo del funcionamiento del multivibrador, es decir, se encenderá y apagará cada 2 segundos, por ejemplo.

Estos destellos luminosos, rojos, tendrán una duración que dependerá, exclusivamente, de los valores de los componentes indicados en el esquema, siendo los que se indican a continua-

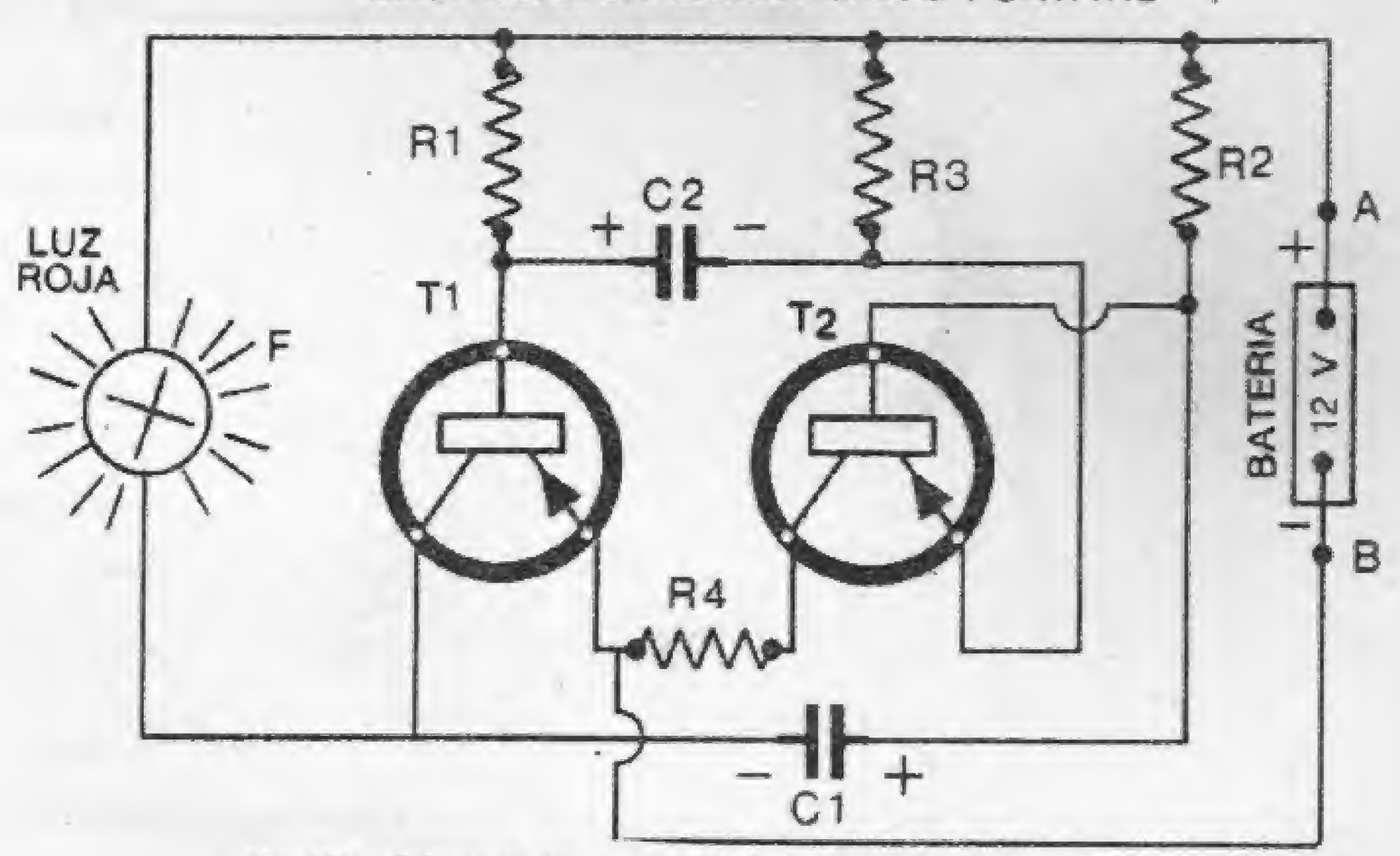


Fig. 155. Esquema de los circuitos del destellador portátil

ción apropiados para este caso particular:

R_1. 3 300 Ω; R_2. 15 000 Ω; R_3. 470 Ω; R_4. 120 Ω.

Los condensadores electrolíticos, tienen la misma capacidad, 100 microfaradios. Los transistores son del tipo 2N554 para T_1 y CK721 para T_2, aunque pueden utilizarse otros equivalentes.

La alimentación de este equipo portátil puede realizarse de dos maneras La primera consiste en disponer en los puntos A y B un cable de dos conductores que pueden conectarse a la batería del coche. La segunda forma de alimentar este dispositivo consiste en disponer en la misma caja del destellador la forma de alojar 8 pilas de 1,5 V, conectadas en serie, que pueden ser del tipo mediano, que ocupan poco espacio. Si se adopta esta solución entonces tiene una completa libertad y puede colocarse en cualquier parte, la que se crea más conveniente, prescindiendo del ligamen de la batería del coche.

INDICE